



**TUGAS AKHIR - SS141501**

**PENGELOMPOKAN ZONA MUSIM DI INDONESIA  
BERDASARKAN DATA CURAH HUJAN  
MENGUNAKAN *TIME SERIES BASED CLUSTERING***

**DEDI SETIAWAN  
NRP 062114 4000 0071**

**Dosen Pembimbing  
Dr.rer.pol Heri Kuswanto, S.Si, M.Si  
Dr. Ardhasena Sopaheluwakan**

**PROGRAM STUDI SARJANA  
DEPARTEMEN STATISTIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA, KOMPUTASI, DAN SAINS DATA  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2018**





**TUGAS AKHIR - SS141501**

**PENGELOMPOKAN ZONA MUSIM DI INDONESIA  
BERDASARKAN DATA CURAH HUJAN  
MENGUNAKAN *TIME SERIES BASED CLUSTERING***

**DEDI SETIAWAN  
NRP 062114 4000 0071**

**Dosen Pembimbing  
Dr.rer.pol Heri Kuswanto, S.Si, M.Si  
Dr. Ardhasena Sopaheluwakan**

**PROGRAM STUDI SARJANA  
DEPARTEMEN STATISTIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA, KOMPUTASI, DAN SAINS DATA  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2018**



**FINAL PROJECT - SS 141501**

**CLUSTERING SEASONAL ZONE IN INDONESIA  
BASED ON PRECIPITATION DATA USING TIME  
SERIES BASED CLUSTERING**

**DEDI SETIAWAN  
NA 062114 40000071**

**Supervisors  
Dr.rer.pol Heri Kuswanto, S.Si, M.Si  
Dr. Ardhasena Sopaheluwakan**

**UNDERGRADUATE PROGRAMME  
DEPARTMENT OF STATISTICS  
FACULTY OF MATHEMATICS, COMPUTING, AND DATA SCIENCE  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2018**

# LEMBAR PENGESAHAN

## PENGELOMPOKAN ZONA MUSIM DI INDONESIA BERDASARKAN DATA CURAH HUJAN MENGUNAKAN *TIME SERIES BASED CLUSTERING*

### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
pada  
Program Studi Sarjana Departemen Statistika  
Fakultas Matematika, Komputasi, dan Sains Data  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**Dedi Setiawan**

NRP. 062114 4000 0071

Disetujui oleh Pembimbing:

**Dr. rer. pol Heri Kuswanto, S.Si, M.Si**

NIP. 19820326 200312 1 004

**Dr. Ardhasena Sopaheluwakan**

NIP. 19760201 201012 1 001

(  )  
(  )

Mengetahui,  
Kepala Departemen



**Dr. Suhartono**

NIP. 19710929199512 1 001

SURABAYA, JULI 2018

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

**PENGELOMPOKAN ZONA MUSIM DI INDONESIA  
BERDASARKAN DATA CURAH HUJAN  
MENGUNAKAN *TIME SERIES BASED CLUSTERING***

**Nama Mahasiswa** : Dedi Setiawan  
**NRP** : 062114 4000 0071  
**Departemen** : Statistika  
**Dosen Pembimbing** : Dr.rer.pol Heri Kuswanto, S.Si, M.Si  
Dr. Ardhasena Sopaheluwakan

**Abstrak**

*Curah hujan merupakan unsur cuaca yang sangat penting bagi perkembangan iklim di Indonesia, dan mempunyai variasi yang tinggi antar wilayah dan waktu. BMKG merupakan lembaga yang bertugas untuk mengamati curah hujan di Indonesia, saat ini BMKG memiliki jumlah stasiun pengamatan sebanyak 116. BMKG menggunakan data satelit TRMM untuk memprediksi curah hujan permukaan pada wilayah yang tidak terjangkau oleh stasiun pengamatan. Perlu dilakukan verifikasi untuk mengetahui seberapa baik data satelit TRMM digunakan sebagai prediksi curah hujan permukaan. Kriteria verifikasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah probability of detection (PoD), bias score, dan false alarm ratio (FAR). Didapatkan hasil bahwa data TRMM tidak bisa langsung digunakan untuk memprediksi curah hujan ekstrem dan hujan lebat diseluruh wilayah Indonesia karena mempunyai performa yang rendah berdasarkan kriteria PoD, Bias Score, dan FAR. Pengelompokan Zona musim di Indonesia didapatkan cluster optimum menggunakan jarak euclidean pada data agregat bulanan terbentuk 3 zona musim dengan nilai silhouette sebesar 0,495.*

**Kata Kunci** : *BMKG, Cluster Time Series, TRMM, Verifikasi, Zona Musim*

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



# **CLUSTERING SEASONAL ZONE IN INDONESIA BASED ON PRECIPITATION DATA USING TIME SERIES BASED CLUSTERING**

**Name : Dedi Setiawan**  
**Student Number : 062114 4000 0071**  
**Department : Statistics**  
**Supervisor : Dr.rer.pol Heri Kuswanto, S.Si, M.Si**  
**Dr. Ardhasena Sopaheluwakan**

## **Abstract**

*Rainfall is an important element of weather for climate development in Indonesia, and it has a high variation across regions and time. BMKG is an institution that responsible for observing rainfall in Indonesia, currently BMKG has 116 observation stations. BMKG uses TRMM satellite data to predict surface rainfall in areas did not covered by observation stations. Verification is needed to find out how well the TRMM satellite data is used as a predictable surface rainfall. The verification criteria used in this study are probability of detection (PoD), bias score, and false alarm ratio (FAR). The result is that the TRMM data can not be directly used to predict extreme rainfall and heavy rain in all area of Indonesia because it has low performance based on PoD, Bias Score, and FAR criteria. Clustering zone of seasons in Indonesia based on clustering obtained the optimum cluster using euclidean distance on monthly rainfall average data with 3 seasons formed with the value of silhouette of 0,495.*

**Keywords: BMKG, Cluster Time Series, TRMM, Verification, Zone of Season**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas rahmat dan hidayah yang diberikan Allah SWT sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul **"Pengelompokan Zona Musim di Indonesia Berdasarkan Data Curah Hujan Menggunakan *Time Series Based Clustering*"** dengan lancar.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini dapat terselesaikan tidak terlepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Dr. rer. pol. Heri Kuswanto, S.Si., M.Si dan Dr. Ardhasena Sopeheluwakan selaku dosen pembimbing Tugas Akhir, yang telah meluangkan waktu dan dengan sangat sabar memberikan bimbingan, saran, dukungan serta motivasi selama penyusunan Tugas Akhir.
2. Dr. Sutikno, M.Si dan Dr. Ir. Setiawan M.Si selaku dosen penguji yang telah banyak memberi masukan kepada penulis.
3. Dr. Suhartono selaku Ketua Departemen Statistika dan Dr. Sutikno, M.Si. selaku Ketua Program Studi Sarjana yang telah memberikan fasilitas, sarana, dan prasarana.
4. Dra. Madu Ratna M.Si selaku dosen wali yang telah banyak memberikan saran dan arahan dalam proses belajar di Departemen Statistika.
5. Seluruh dosen Statistika ITS yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan yang tak ternilai harganya, serta segenap karyawan Departemen Statistika ITS.
6. Bapak dan ibu, atas segala do'a, nasehat, kasih sayang, dan dukungan yang diberikan kepada penulis demi kesuksesan dan kebahagiaan penulis.
7. Teman-teman Statistika ITS angkatan 2014 RESPECT, yang selalu memberikan dukungan kepada penulis selama ini.
8. Teman-teman HUBLU 2015/2016, Pengurus Harian HIMASTA-ITS, 2016/2017 dan KESMA 2016/2017 yang selalu memberikan dukungan dan motivasi dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

9. Teman-teman seperjuangan bimbingan Tugas Akhir Pak Heri yang selalu memberikan informasi dan keceriaan.
10. Sahabat-sahabat *Agent of Change*, Staf Hublu, Secuil Konseptor Gerigi 2016, *Geng Nero*, dan *Squad Kos Garuda* yang selalu menjadi penyemangat penulis dalam menjalani masa-masa perkuliahan.
11. Sahabat yang selalu saling membantu dalam berbagai hal Anisya Purnamasari, Ikacipta Mega Ayuputri, Ade Vreyyuning Monika, Desi Erliana, Dwita Bening, Eka Aullya R. H, Qithrin Ladiba, Anisa Nur F, Endah Setyowati, Bakti Indasari, Ratna Juwita, Syahrul Eka A. L, Bayu Samudera, Fadhlul Rahim, Harid Dwi S., Cristian Monang.
12. Para teman-teman Formabaya selaku keluarga pertama penulis di Surabaya.
13. Semua pihak yang turut membantu dalam pelaksanaan Tugas Akhir yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Besar harapan penulis untuk mendapatkan kritik dan saran yang membangun sehingga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang terkait.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

# DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>COVER PAGE</b> .....	iii
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	v
<b>ABSTRAK</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	ix
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	x
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xxi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xxiii
<b>DAFTAR SINGKATAN</b> .....	xxv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Permasalahan .....	5
1.3 Tujuan Penelitian .....	5
1.4 Manfaat Penelitian .....	6
1.5 Batasan Masalah .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	7
2.1 Kriteria Verifikasi Data Satelit .....	7
2.1.1 <i>Bias Score</i> .....	8
2.1.2 <i>Probability of Detection (PoD)</i> .....	8
2.1.3 <i>False Alarm Ratio (FAR)</i> .....	9
2.2 Kriteria Kebaikan Data Satelit .....	9
2.2.1 <i>R-Squared</i> .....	9
2.2.2 <i>Mean Absolute Error (MAE)</i> .....	10
2.3 <i>Autocorrelation Function (ACF)</i> .....	10
2.4 <i>Analisis Cluster</i> .....	12
2.5 <i>Analisis Cluster Data Time Series</i> .....	13
2.5.1 <i>Dynamic Time Warping (DTW) Distance</i> .....	14
2.5.2 <i>Autocorrelation Function (ACF) Distance</i> .....	16
2.6 <i>Pseudo-f Statistics</i> .....	16
2.7 <i>Koefisien Silhouette</i> .....	17
2.8 Curah Hujan .....	18

2.9 Zona Musim .....	19
2.10 <i>Tropical Rainfall Measuring Mission Satellite</i> .....	19
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	23
3.1 Sumber Data .....	23
3.2 Variabel Penelitian .....	23
3.3 Struktur Data Penelitian.....	25
3.4 Langkah Analisis .....	27
<b>BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b> .....	33
4.1 Karakteristik Curah Hujan di Indonesia.....	33
4.1.1 Rata-rata Curah Hujan di Indonesia.....	33
4.1.2 Karakteristik Curah Hujan Setiap Zona Musim...37	
4.1.3 Perbandingan Curah Hujan Satelit TRMM dan Lapangan BMKG.....	40
4.2 Verifikasi Data Satelit TRMM.....	47
4.2.1 Verifikasi Kriteria Curah Ekstrim.....	47
4.2.2 Verifikasi Kriteria Hujan Lebat.....	50
4.2.3 Kriteria Keباikan <i>R-Square</i> dan MAE.....	53
4.3 Pengujian Autokorelasi Temporal Pada Data Curah Hujan TRMM.....	53
4.3.1 Zona Musim 1 .....	54
4.3.2 Zona Musim 2 .....	54
4.3.3 Zona Musim 3 .....	55
4.4 Pengelompokan Zona Musim di Indonesia .....	56
4.4.1 Data Curah Hujan Rata-rata Harian.....	56
4.4.2 Data Curah Hujan Rata-rata Bulanan.....	67
4.4.3 Perbandingan Hasil Pengelompokan.....	77
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	79
5.1 Kesimpulan.....	79
5.2 Saran.....	80
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	81
<b>LAMPIRAN</b> .....	87
<b>BIODATA PENULIS</b> .....	115

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<b>Gambar 3.1</b>	Lokasi Pengamatan Curah Hujan Milik BMKG.. 24
<b>Gambar 3.2</b>	Ilustrasi Data Curah Hujan Satelit TRMM ..... 25
<b>Gambar 3.3</b>	Diagram Alir Verifikasi Data TRMM ..... 30
<b>Gambar 3.4</b>	Diagram Alir <i>Clustering Time series</i> Data Curah Hujan TRMM ..... 30
<b>Gambar 4.1</b>	Rata-rata Curah Hujan di Indonesia ..... 34
<b>Gambar 4.2</b>	a-l Rata-rata Curah Hujan Setiap <i>Grid</i> di Indonesia ..... 35
<b>Gambar 4.3</b>	Rata-rata Curah Hujan di Indonesia ..... 37
<b>Gambar 4.4</b>	Rata-rata Curah Hujan Bulanan Pada Zona 1 (mm /hari)..... 38
<b>Gambar 4.5</b>	Rata-rata Curah Hujan Bulanan Pada Zona 2 (mm /hari)..... 39
<b>Gambar 4.6</b>	Rata-rata Curah Hujan Bulanan Pada Zona 3 (mm /hari)..... 40
<b>Gambar 4.7</b>	<i>Time Series Plot</i> dan <i>Boxplot</i> Data Satelit TRMM dan Lapangan BMKG Untuk Lokasi Kabupaten Bondowoso (mm/hari)..... 41
<b>Gambar 4.8</b>	<i>Time Series Plot</i> , <i>Boxplot</i> , Histogram Data Satelit TRMM dan Lapangan BMKG Untuk Rata-Rata Curah Hujan Bulanan Zona 1 (mm/hari) ..... 42
<b>Gambar 4.9</b>	<i>Time Series Plot</i> dan <i>Boxplot</i> Data Satelit TRMM dan Lapangan BMKG Untuk Lokasi Kabupaten Raja Ampat (mm/hari)..... 43
<b>Gambar 4.10</b>	<i>Time Series Plot</i> , <i>Boxplot</i> , Histogram Data Satelit TRMM dan Lapangan BMKG Untuk Rata-Rata Curah Hujan Bulanan Zona 2 (mm/hari) ..... 44

<b>Gambar 4.11</b>	<i>Time Series Plot</i> dan <i>Boxplot</i> Data Satelit TRMM dan Lapangan BMKG Untuk Lokasi Kabupaten Berau (mm/hari) .....	45
<b>Gambar 4.12</b>	<i>Time Series Plot</i> , <i>Boxplot</i> , Histogram Data Satelit TRMM dan Lapangan BMKG Untuk Rata-rata Curah Hujan Bulanan Zona 3 (mm/hari) .....	46
<b>Gambar 4.13</b>	Nilai Verifikasi Curah Hujan Ekstrim Data TRRM Terhadap Data Pengamatan Lapangan BMKG Lokasi Kota Batam .....	48
<b>Gambar 4.14</b>	Nilai <i>Probability of Detection</i> Setiap Lokasi Pengamatan BMKG Pada Kondisi Curah Hujan Ekstrim .....	49
<b>Gambar 4.15</b>	Nilai <i>Bias score</i> Setiap Lokasi Pengamatan BMKG Pada Kondisi Curah Hujan Ekstrim .....	49
<b>Gambar 4.16</b>	Nilai <i>False Alarm Ratio</i> Setiap Lokasi Pengamatan BMKG Pada Kondisi Curah Hujan Ekstrim .....	50
<b>Gambar 4.17</b>	Nilai Verifikasi Kondisi Hujan Lebat Data TRRM Terhadap Data Pengamatan Lapangan BMKG Lokasi Kota Batam .....	51
<b>Gambar 4.18</b>	Nilai <i>Probability of Detection</i> Setiap Lokasi Pengamatan BMKG Pada Kondisi Hujan Lebat ..	51
<b>Gambar 4.19</b>	<i>Bias Score</i> Setiap Lokasi Pengamatan BMKG Pada Kondisi Hujan Lebat .....	52
<b>Gambar 4.20</b>	<i>False Alarm</i> Setiap Lokasi Pengamatan BMKG Pada Kondisi Hujan Lebat .....	52
<b>Gambar 4.21</b>	ACF Data Curah Hujan TRMM di Kab. Bondonoso .....	54
<b>Gambar 4.22</b>	ACF Data Curah Hujan TRMM di Kab. Raja Ampat .....	55
<b>Gambar 4.23</b>	ACF Data Curah Hujan TRMM di Kab. Berau ...	55



<b>Gambar 4.24</b> (a) Koefisien <i>Silhouette</i> dan (b) Nilai <i>Pseudo-f Statistics</i> Hasil Pengelompokan Pada Jarak <i>Euclidean</i> .....	57
<b>Gambar 4.25</b> Pengelompokan Zona Musim Menggunakan Jarak <i>Euclidean</i> .....	57
<b>Gambar 4.26</b> Pola Curah Hujan Zona 1 Pada <i>Cluster</i> Menggunakan Jarak <i>Euclidean</i> .....	58
<b>Gambar 4.27</b> Pola Curah Hujan Zona 2 Pada <i>Cluster</i> Menggunakan Jarak <i>Euclidean</i> .....	59
<b>Gambar 4.28</b> Perbandingan Curah Hujan Pada Zona 1 dan Zona 2 Pada <i>Cluster</i> Dengan Jarak <i>Euclidean</i> .....	59
<b>Gambar 4.29</b> (a) Koefisien <i>Silhouette</i> dan (b) Nilai <i>Pseudo-f Statistics</i> Hasil Pengelompokan Pada Jarak ACF	60
<b>Gambar 4.30</b> Pengelompokan Zona Musim Menggunakan Jarak ACF.....	61
<b>Gambar 4.31</b> Pola Curah Hujan Zona 1 Pada <i>Cluster</i> Dengan Jarak ACF.....	62
<b>Gambar 4.32</b> Pola Curah Hujan Zona 2 Pada <i>Cluster</i> Dengan Jarak ACF.....	62
<b>Gambar 4.33</b> Perbandingan Curah Hujan Pada Zona 1 dan Zona 2 Pada <i>Cluster</i> Dengan Jarak ACF .....	63
<b>Gambar 4.34</b> (a) Koefisien <i>Silhouette</i> dan (b) Nilai <i>Pseudo-f Statistics</i> Hasil Pengelompokan Pada Jarak DTW .....	64
<b>Gambar 4.35</b> Pengelompokan Zona Musim Menggunakan Jarak DTW .....	65
<b>Gambar 4.36</b> Pola Curah Hujan Zona 1 Pada <i>Cluster</i> Dengan Jarak DTW .....	65
<b>Gambar 4.37</b> Pola Curah Hujan Zona 2 Pada <i>Cluster</i> Dengan Jarak DTW .....	66

<b>Gambar 4.38</b>	Perbandingan Curah Hujan Pada Zona 1 dan Zona 2 Pada <i>Cluster</i> Dengan Jarak <i>Euclidean</i> .....	66
<b>Gambar 4.39</b>	Pengelompokan Zona Musim Menggunakan Jarak <i>Euclidean</i> .....	68
<b>Gambar 4.40</b>	Pola Curah Hujan Zona 1 Pada <i>Cluster</i> Menggunakan Jarak <i>Euclidean</i> .....	69
<b>Gambar 4.41</b>	Pola Curah Hujan Zona 2 Pada <i>Cluster</i> Menggunakan Jarak <i>Euclidean</i> .....	69
<b>Gambar 4.42</b>	Pola Curah Hujan Zona 3 Pada <i>Cluster</i> Menggunakan Jarak <i>Euclidean</i> .....	70
<b>Gambar 4.43</b>	Perbandingan Curah Hujan Pada Zona 1, Zona 2, dan Zona 3 Pada <i>Cluster</i> Menggunakan Jarak <i>Euclidean</i> .....	71
<b>Gambar 4.44</b>	Pengelompokan Zona Musim Menggunakan Jarak ACF.....	72
<b>Gambar 4.45</b>	Pola Curah Hujan Zona 1 Pada <i>Cluster</i> Menggunakan Jarak ACF .....	72
<b>Gambar 4.46</b>	Pola Curah Hujan Zona 2 Pada <i>Cluster</i> Menggunakan Jarak ACF .....	73
<b>Gambar 4.47</b>	Perbandingan Curah Hujan Pada Zona 1 dan Zona 2 Pada <i>Cluster</i> Menggunakan Jarak <i>Euclidean</i> .....	73
<b>Gambar 4.48</b>	Pengelompokan Zona Musim Menggunakan Jarak DTW .....	75
<b>Gambar 4.49</b>	Pola Curah Hujan Zona 1 Pada <i>Cluster</i> Menggunakan Jarak DTW .....	75
<b>Gambar 4.50</b>	Pola Curah Hujan Zona 2 Pada <i>Cluster</i> Menggunakan Jarak DTW .....	76
<b>Gambar 4.51</b>	Pola Curah Hujan Zona 3 Pada <i>Cluster</i> Menggunakan Jarak DTW .....	76

**Gambar 4.52** Perbandingan Curah Hujan Pada Zona 1, Zona  
2, dan Zona 3 Pada *Cluster* Menggunakan Jarak  
DTW.....77

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 2.1</b> Ketepatan Akurasi Metode Dikotomus .....	7
<b>Tabel 2.2</b> Kriteria Koefisien <i>Silhoutte</i> .....	18
<b>Tabel 3.1</b> Struktur Data Curah Hujan Pengamatan Lapangan BMKG.....	25
<b>Tabel 3.2</b> Struktur Data Curah Hujan Pengamatan Satelit TR- MM Resolusi 0,25 Derajat.....	26
<b>Tabel 3.3</b> Struktur Data Curah Hujan Pengamatan Satelit TR- MM Resolusi 0,5 Derajat.....	26
<b>Tabel 3.4</b> Struktur Data Curah Hujan Pengamatan Satelit TR- MM Resolusi 1 Derajat.....	27
<b>Tabel 4.1</b> Kontingensi Untuk Kabupaten Batam Pada Kondisi Curah Hujan Ekstrim (hari) .....	47
<b>Tabel 4.2</b> Kontingensi Untuk Kota Batam Pada Kondisi Hujan Lebat (hari) .....	50
<b>Tabel 4.3</b> <i>Summary R-Square</i> dan MAE untuk Kebaikan Data TRMM.....	53
<b>Tabel 4.4</b> Perbandingan Koefisen <i>Silhouette</i> dan <i>Pseudo-f Sta-</i> <i>tistics</i> Pada Jarak <i>Euclidean</i> .....	67
<b>Tabel 4.5</b> Perbandingan Koefisen <i>Silhouette</i> dan <i>Pseudo-f Sta-</i> <i>tistic</i> Pada Jarak ACF .....	71
<b>Tabel 4.6</b> Perbandingan Koefisen <i>Silhouette</i> dan <i>Pseudo-f Sta-</i> <i>tistic</i> Pada Jarak DTW .....	74
<b>Tabel 4.7</b> Perbandingan Hasil Pengelompokan Setiap Jarak dan Data Pada <i>Cluster Optimum</i> .....	78

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
<b>Lampiran 1.</b> Data Curah Hujan Harian Lapangan BMKG Resolusi 1 Derajat (mm/hari) .....	87
<b>Lampiran 2.</b> Data Curah Hujan Bulanan TRMM Resolusi 0,25 Derajat (mm/hari).....	88
<b>Lampiran 3.</b> Data Curah Hujan Bulanan TRMM Resolusi 0,5 Derajat (mm/hari).....	89
<b>Lampiran 4.</b> Data Curah Hujan Harian TRMM Resolusi 1 Derajat (mm/hari) .....	90
<b>Lampiran 5.</b> <i>Syntax Download</i> Data TRMM Dengan Cygwin .....	91
<b>Lampiran 6.</b> <i>Syntax Matlab Convert</i> Data dan Gabung Data NetCDF ke Excel .....	94
<b>Lampiran 7.</b> <i>Syntax Cluster</i> Jarak ACF Dengan Algoritma <i>Complete Linkage</i> .....	96
<b>Lampiran 8.</b> <i>Syntax Cluster</i> Jarak Euclidean Dengan Algoritma <i>Complete Linkage</i> .....	97
<b>Lampiran 9.</b> <i>Syntax Cluster</i> Jarak Euclidean Dengan Algoritma <i>Complete Linkage</i> .....	98
<b>Lampiran 10.</b> <i>Syntax</i> Menghitung Nilai <i>Pseudo-f Statistics</i> .....	99
<b>Lampiran 11.</b> <i>Syntax</i> Menghitung Nilai <i>Bias Score</i> , PoD, dan FAR .....	100
<b>Lampiran 12.</b> <i>Syntax</i> Menghitung Nilai MAE dan <i>R-Square</i> .....	100
<b>Lampiran 13.</b> <i>Syntax</i> Matlab Gambar Peta .....	101
<b>Lampiran 14.</b> Kriteria Nilai Verifikasi Data TRMM .....	102
<b>Lampiran 15.</b> Dendogram dan Hasil <i>Cluster</i> Jarak Euclidean .....	106
<b>Lampiran 16.</b> Dendogram <i>Cluster</i> dan Hasil Jarak ACF dan Hasil.....	107
<b>Lampiran 17.</b> Hasil <i>Cluster</i> Pada Jarak DTW Yang Terbentuk .....	109
<b>Lampiran 18.</b> Hasil <i>Cluster</i> Pada Jarak Euclidean.....	110
<b>Lampiran 19.</b> Hasil <i>Cluster</i> Pada Jarak DTW Yang Terbentuk .....	111

<b>Lampiran 20.</b> Hasil <i>Cluster</i> Pada Jarak ACF Yang Terbentuk	112
<b>Lampiran 21.</b> Surat Pernyataan Data .....	112



## DAFTAR SINGKATAN

BMKG	: Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika
TRRM	: <i>Tropical Rainfall Measuring Mission</i>
DTW	: <i>Dynamic Time Warping</i>
ACF	: <i>Autocorrelation Function</i>
PoD	: <i>Probability of Detection</i>
FAR	: <i>False Alarm Ratio</i>
BT	: Bujur Timur
LS	: Lintang Selatan
LU	: Lintang Utara

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan dimana secara astronomis terletak diantara  $6^{\circ}$  Lintang Utara –  $11^{\circ}$  Lintang Selatan dan  $95^{\circ}$  Bujur Timur –  $141^{\circ}$  Bujur Timur, sehingga sebagian wilayah Indonesia berada pada garis *equator*. Tempat-tempat yang lokasinya bertepatan dengan garis ekuator pada umumnya memiliki curah hujan yang tinggi dan terjadi 2 (dua) kali periode hujan dalam setahun. Curah hujan merupakan unsur yang sangat penting bagi perkembangan iklim di Indonesia karena wilayah Indonesia sebagai daerah tropis ekuatorial memiliki variasi curah hujan yang cukup besar (Hermawan, 2011). Kondisi curah hujan di Indonesia tentunya dipengaruhi oleh beberapa faktor atau fenomena antara lain sistem Monsun Asia-Australia, El-Nino, sirkulasi Timur-Barat (*Walker Circulation*) dan Utara Selatan (*Hadley Circulation*) serta beberapa sirkulasi karena pengaruh lokal (Bannu, 2003). Selain itu juga dipengaruhi oleh faktor lain seperti posisi lintang, ketinggian tempat, sebaran bentang darat dan perairan, serta pegunungan dan gunung-gunung yang tinggi. Faktor-faktor tersebut yang menyebabkan adanya variasi dan tipe curah hujan di Indonesia yaitu tipe ekuatorial, monsun, dan lokal. Karakteristik pola curah hujan ekuatorial yaitu memiliki dua kali maksimum curah hujan bulanan dalam kurun waktu setahun yang disebut dengan pola bimodal. Pola curah hujan monsun dipengaruhi oleh angin laut dalam skala yang sangat luas dan pola ini menunjukkan perbedaan yang jelas antara periode musim hujan dan kemarau dalam setahun, serta hanya terjadi satu kali maksimum curah hujan bulanan dalam setahun. Sedangkan pola lokal ditunjukkan dengan adanya bentuk pola hujan unimodial (satu puncak hujan) yang berlawanan dengan tipe hujan monsun (Aldrian & Susanto, 2003).

Curah hujan memiliki tingkat variabilitas yang tinggi, oleh karena itu kondisi data curah hujan di Indonesia memerlukan

observasi yang panjang dengan perwakilan sebaran data yang memadai, serta selang waktu pengamatan yang lebih sempit (Hariarta, 2015). Pengamatan curah hujan di Indonesia dilakukan dengan dua cara yaitu secara langsung yang dilaksanakan oleh Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) dan secara tidak langsung melalui citra satelit. Observasi secara langsung dilakukan di setiap stasiun pengamatan cuaca yang tersebar di seluruh wilayah Indonesia, Indonesia memiliki stasiun pengamatan cuaca sebanyak 116 stasiun. BMKG juga menggunakan satelit cuaca yang dikembangkan oleh *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) dalam memenuhi ketersediaan data curah hujan yang cepat, kontinyu dan dapat mencakup seluruh wilayah di Indonesia. Satelit cuaca merupakan wahana buatan yang berfungsi untuk memantau dan memotret gejala perilaku cuaca yang terjadi di atas permukaan bumi secara *real time* (Swarinoto & Husain, 2012). Satelit cuaca memiliki beberapa fungsi yang dapat mendukung prediksi mengenai curah hujan antara lain adalah untuk mengidentifikasi jenis awan, arah dan kecepatan angin, *tracking* siklon tropis, suhu permukaan laut, keadaan atmosfer, estimasi curah hujan, dan lain-lain (Purwadhi, 2001). Oleh karena itu, untuk memperoleh data curah hujan yang dapat mewakili seluruh wilayah Indonesia dapat dilakukan pendekatan dengan menggunakan satelit cuaca.

*Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) adalah proyek kerjasama luar angkasa antara NASA dan *Japan Aerospace Exploration Agency* (JAXA) yang dimaksudkan untuk memonitor dan mempelajari curah hujan di daerah tropis dalam rangka usaha jangka panjang NASA untuk mempelajari bumi sebagai sistem global (NASDA, 2001), dimana satelit ini diluncurkan pada tanggal 27 November 1997 (Braun, 2011). Satelit TRMM mengukur intensitas curah hujan untuk setiap wilayah mulai dari skala 1 jam, 3 jam, harian, dan bulan. Resolusi atau ukuran wilayah observasi satelit TRMM juga bervariasi mulai dari 0,25 derajat hingga 5 derajat. Misi utama pada satelit ini adalah melakukan observasi bumi pertama untuk memantau curah hujan

tropis yang sangat mempengaruhi perubahan iklim dan lingkungan global. Tujuan utama satelit ini adalah untuk memberikan pemahaman yang lebih baik tentang struktur presipitasi dan pemanasan di daerah tropis di bumi (Simpson, et al., 1996). Menurut Short & North (1990) dan Shin & North (2000), salah satu keuntungan dari TRMM adalah bahwa kesalahan *sampling* dan bias terkait (misalnya, kesalahan pengisian balok) dapat dikurangi dengan lintangnya yang rendah (35° km) dan kecenderungan rendah (35°).

Data TRMM banyak digunakan dalam berbagai kajian masalah cuaca dan iklim di Indonesia, seperti penggunaan data satelit TRMM untuk kajian analisis kondisi cuaca ekstrim (Renggono & Syaifullah, 2011). As-syakura, *et al.*, (2013) melakukan penelitian mengenai manfaat data satelit curah hujan TRMM untuk melihat pola spasial dan karakteristik curah hujan setiap wilayah di Indonesia. BMKG menggunakan data satelit TRMM untuk melihat kondisi curah hujan di seluruh wilayah Indonesia, mengingat keterbatasan jumlah dan jangkauan stasiun pengamatan lapangan curah hujan. Telah banyak penelitian yang dilakukan untuk melihat seberapa baik satelit ini digunakan untuk mengestimasi curah hujan di seluruh wilayah di Indonesia. Gunawan (2008) telah melakukan perbandingan curah hujan bulanan pengamatan observasi dengan satelit TRMM dan model permukaan NOAA menggunakan metode sederhana yaitu melihat rata-rata perbedaan data observasi permukaan dan satelit, hasilnya data TRMM berpotensi untuk mengisi data-data permukaan yang kosong secara temporal untuk suatu lokasi dan kekosongan spasial untuk wilayah yang kurang memiliki kerapatan pengamatan curah hujan permukaan. Selain itu, Nugroho, *et al.*, (2014) melakukan penelitian mengenai verifikasi data estimasi curah hujan dari Satelit TRMM dan pos pengamatan hujan BMKG di Sulawesi Utara dimana metode yang digunakan adalah uji-t, didapatkan hasil bahwa data estimasi curah hujan bulanan TRMM secara umum dapat digunakan pada wilayah Sulawesi Utara, khususnya pada daerah yang belum terdapat penakar hujan. Selain itu Collischonn,

*et al.*, (2008) melakukan penelitian mengenai verifikasi perkiraan data TRRM digunakan untuk memperkirakan curah hujan di sungai Tapajo anak sungai Amazon menggunakan *bias correction* dan didapatkan hasil bahwa data TRRM dapat digunakan untuk memprediksi curah hujan di wilayah tersebut. Penelitian lain juga memberikan hasil bahwa data TRMM baik digunakan dalam hal prediksi curah hujan di Cina (Li, et al., 2017).

Pada penelitian ini dilakukan verifikasi data lapangan terhadap data satelit TRRM dimana kriteria yang digunakan adalah *Probability of Detection* (PoD), *Bias correction*, dan *False Alarm Ratio* (FAR). Metode tersebut digunakan untuk memverifikasi seberapa baik data TRRM di gunakan oleh BMKG untuk memprediksi curah hujan ekstrim di seluruh wilayah di Indonesia, dimana digunakan *threshold* nilai mutlak sebesar 50 mm/hari. Curah hujan dapat dikatakan ekstrim saat nilai curah hujan pada daerah tersebut berada diatas angka 50 mm/hari. Metode PoD pernah digunakan oleh Rahman, *et al.*, (2011) untuk mengevaluasi data satelit TRRM dan (*European Centre for Medium-range Weather Forecast*) ECMWF di Bangladesh terkait kejadian banjir dimana hasil yang diperoleh adalah data TRRM dan ECMWF baik digunakan untuk memprediksi banjir. Selain itu McBride dan Ebert (2000) melakukan penelitian mengenai verifikasi model NWP dari curah hujan di Australia, menggunakan beberapa kriteria kebaikan model diantaranya *bias*, PoD, dan FAR. Penelitian lain mengenai PoD dan FAR pernah dilakukan oleh Hossain & Huffman (2008) mengenai matriks *error* data satelit PERSIANN terhadap lapangan di wilayah Amerika Serikat. Penelitian ini selain melakukan verifikasi data TRRM terhadap data lapangan BMKG, juga dilakukan pemetaan zona musim setiap wilayah di Indonesia menggunakan *cluster time series*. Data curah hujan TRMM merupakan data *series* sehingga dalam melakukan analisis *cluster* menggunakan jarak basis *time series*, yaitu pada penelitian ini menggunakan jarak *Dynamic Time Warping* (DTW) dan *autocorrelation function* (ACF). Penelitian mengenai pemetaan pembagian iklim di Indonesia sebelumnya pernah dilakukan oleh

Aldrian & Susanto (2003) dengan menggunakan data pengamatan lapangan dan metode *Double Correlation* dihasilkan tiga region iklim berdasarkan pola curah hujan tahunan dengan hasil terbentuk 3 zona musim di Indonesia, yaitu ekuatorial, monsun, dan lokal. Jarak *cluster* dengan jarak DTW pernah digunakan untuk melakukan pengelompokan sapi perah untuk kondisi lumpuh dan tidak lumpuh, oleh Apinan & Kuankid (2016). Candra, *et al.*, (2017) melakukan penelitian mengenai pemanfaatan metode DTW untuk menerjemahkan *voice* kedalam kata atau kalimat. ACF *distance* pernah digunakan oleh Riyadi, *et al.*, (2017) untuk melakukan *clustering* pada data stasioner dan non stasioner. Menggunakan *time series based clustering* dengan jarak DTW dan ACF diharapkan hasil pengelompokan zona musim di Indonesia lebih baik dan akurat.

## 1.2 Permasalahan

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan permasalahan yang dirumuskan dalam penelitian adalah Indonesia merupakan kepulauan yang memiliki luas wilayah sekitar 1.919.440 km<sup>2</sup>, namun BMKG hanya mempunyai 116 stasiun pengamatan curah hujan. Data curah hujan TRRM dapat digunakan untuk memperkirakan curah hujan di permukaan, namun perlu adanya verifikasi apakah data TRRM tersebut *valid* untuk semua wilayah Indonesia. Selanjutnya adalah bagaimana pemetaan zona musim di Indonesia berdasarkan data curah hujan menggunakan *time series based clustering*.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui seberapa baik data satelit digunakan BMKG untuk memprediksi curah hujan ekstrim dan hujan lebat di seluruh wilayah Indonesia.
2. Memetakan pola zona musim setiap wilayah di Indonesia berdasarkan data curah hujan menggunakan *time series based clustering*.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat bagi berbagai pihak, diantaranya sebagai berikut.

1. Memberikan informasi dan rekomendasi bagi Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) terkait penggunaan data TRRM untuk memprediksi curah hujan ekstrem dan hujan lebat di Indonesia.
2. Memberikan informasi mengenai pembagian zona musim di wilayah Indonesia berdasarkan data curah hujan.
3. Memberikan wawasan keilmuan statistika mengenai metode *cluster* dengan data *time series*.

#### 1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah untuk verifikasi data curah hujan satelit TRRM terhadap data lapangan BMKG menggunakan data curah hujan periode 1 Januari 2000 hingga 31 Desember 2016. Sedangkan, pada analisis pengelompokan zona musim untuk wilayah di Indonesia menggunakan data curah hujan TRMM rata-rata harian dan rata-rata bulanan pada Januari 1998 hingga Desember 2017 dimana pengelompokan ini menggunakan *cluster* hirarki dimana menggunakan metode *complete linkage*. Pengelompokan dilakukan dengan membentuk 2 hingga 5 kelompok, dan selanjutnya akan dilakukan pemilihan kelompok optimum dengan menggunakan *pseudo-f statistics* dan kriteria *silhouette*. Data curah hujan yang digunakan dalam verifikasi dengan resolusi 1 derajat, sedangkan untuk pengelompokan zona musim menggunakan 0,25 derajat serta 0,5 derajat.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas mengenai kriteria verifikasi data satelit TRMM terhadap data lapangan yang meliputi *Bias Score*, POD, FAR, *R-Square* dan MAE. Selain itu, juga dibahas mengenai analisis *cluster time series*, *Pseudo-F Statistics*, Koefisien *Silhouette*, *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM), curah hujan serta pembagian zona di Indonesia.

#### 2.1 Kriteria Verifikasi Data Satelit

Kriteria yang digunakan untuk meverifikasi data curah hujan dari satelit TRRM terhadap data lapangan BMKG menggunakan *probability of detection*, *false alarm ratio*, dan *bias score*. Perhitungan nilai untuk verifikasi data satelit menggunakan data dikotomus yaitu data dikonversikan kedalam matriks ukuran  $2 \times 2$ . Metode dikotomus menggambarkan, peristiwa curah hujan ekstrim akan terjadi atau tidak. Dalam kasus kejadian curah hujan ekstrim terdapat ambang batas yang digunakan sebagai pemisah, ambang batas yang digunakan adalah batas nilai curah hujan yang terindikasi ekstrim (Rahman, et al., 2011). Ambang baatas yang digunakan sebesar 50 mm/hari. Pada Tabel 2.1 merupakan tabel kontingensi yang dibuat oleh Brown *et al.* (1997) yang digunakan untuk perhitungan ketepatan akurasi.

**Tabel 2.1** Ketepatan Akurasi Metode Dikotomus

Prediksi	Observasi		Total
	Ya	Tidak	
Ya	A ( <i>Hits</i> )	B ( <i>False alarams</i> )	Predisksi ya
Tidak	C ( <i>Mises</i> )	D ( <i>Correct negatives</i> )	Prediksi tidak
Total	Observasi ya	Observasi tidak	Total

Keempat kombinasi yang terdapat pada Tabel 2.1 dari data observasi terjadinya ekstrim (ya atau tidak) dan prediksi terjadinya curah hujan ekstrim(ya atau tidak) dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. A (*Hit*) merupakan hasil prediksi dan pengamatan benar terjadi
2. B (*False alarm*) merupakan hasil prediksi terjadi dan pengamatan tidak terjadi
3. C (*Miss*) merupakan hasil prediksi tidak terjadi dan pengamatan terjadi
4. D (*Corect negative*) merupakan hasil prediksi dan pengamatan benar tidak terjadi

Berikut merupakan penjelasan dari ketiga kriteria verifikasi data curah hujan satelit TRMM terhadap data pengamatan lapangan BMKG:

### 2.1.1 *Bias Score*

*Bias score* merupakan hasil perbandingan antara jumlah hari yang diprediksi terjadi curah hujan ekstrim terhadap jumlah pengamatan yang curah hujan ekstrim, dengan rumus sebagai berikut:

$$bias = \frac{A + B}{A + C} \quad (2.1)$$

Apabila nilai *bias* semakin mendekati satu maka hasil prediksi semakin akurat (Mcbride & Ebert, 2000).

### 2.1.2 *Probability of Detection (PoD)*

*Probability of detection* (PoD) merupakan hasil perbandingan dari hasil prediksi dan pengamatan yang terjadi curah hujan ekstrim (*hits*) terhadap jumlah pengamatan yang terjadi curah hujan ekstrim, sehingga PoD dapat menjelaskan kesuksesan performa model dalam memprediksi terjadinya curah hujan ekstrim. Pada persamaan 2.2 dijelaskan rumus perhitungan PoD.

$$PoD = \frac{A}{A + C} \quad (2.2)$$

Apabila nilai PoD semakin mendekati satu maka hasil prediksi semakin baik (Mcbride & Ebert, 2000).

### 2.1.3 False Alarm Ratio (FAR)

*False alarm ratio* (FAR) merupakan perbandingan *false alarm* terhadap jumlah hari yang diprediksi terjadi hujan ekstrim. Pada persamaan 2.3 ditampilkan rumus dalam menghitung FAR.

$$FAR = \frac{B}{A + B} \quad (2.3)$$

Nilai sempurna untuk FAR adalah 0, sehingga semakin kecil nilai FAR maka model/prediksi semakin baik (Mcbride & Ebert, 2000).

## 2.2 Kriteria Keباikan Data Satelit

Selain menggunakan kriteria verifikasi PoD, *Bias Score*, dan FAR menggunakan kreiteri kebaikan lain yaitu, *R-square* dan *Mean Absolute Error* (MAE). Kriteria ini digunakan untuk melihat seberapa baik data curah hujan TRMM digunakan untuk memprediksi curah hujan di lapangan tanpa memperhatikan curah hujan ekstrim dan hujan lebat. Berikut penjelasan mengenai *R-Square* dan MAE:

### 2.2.1 R-Squared

*R-Squared* merupakan uji kebaikan model yang digunakan untuk kecocokan model (Gujarati, 2003). Pada persamaan 2.4 ditampilkan rumus menghitung nilai *r-square*:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (2.4)$$

dimana,

$R^2$  = koefisien determinasi

$Y_i$  = data curah hujan lapangan BMKG ke- $i$

$\hat{Y}_i$  = data curah hujan TRMM ke- $i$

$\bar{Y}$  = rata-rata data curah hujan lapangan BMKG

$n$  = jumlah data

### 2.2.2 Mean Absolute Error (MAE)

*Mean Absolute Error* (MAE) merupakan pengukuran yang digunakan dalam upaya evaluasi model peramalan dengan menghitung eror dari suatu model peramalan. *Mean Absolute Error* (MAE) mempunyai keuntungan dalam membandingkan performansi suatu model peramalan antara dataset yang berbeda dan lebih mudah dalam perhitungan (Hyndman, 2006). Persamaan 2.5 merupakan perhitungan *Mean Absolute Error* (MAE).

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Y - \hat{Y}_i| \quad (2.5)$$

dimana,

$Y_i$  = data curah hujan lapangan BMKG ke- $i$

$\hat{Y}_i$  = data curah hujan TRMM ke- $i$

$n$  = jumlah data

### 2.3 Autocorrelation Function (ACF)

*Autocorrelation Function* (ACF) merupakan suatu fungsi yang digunakan untuk menjelaskan korelasi antara  $Q_t$  dan  $Q_{t+k}$  dari suatu proses yang sama dan hanya terpisah oleh lag waktu ke- $k$ . Sehingga dengan menggunakan perhitungan ACF dapat diketahui apakah data pengamatan saling berhubungan disebut juga korelasi temporal. Perhitungan ACF untuk data time series  $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$  dapat diperoleh melalui persamaan berikut (Wei, 2006).

$$\rho_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (Q_t - \bar{Q})(Q_{t+k} - \bar{Q})}{\sum_{t=1}^n (Q_t - \bar{Q})^2}, \quad k = 0, 1, 2, \dots \quad (2.4)$$

dimana,

$\rho_k$  = merupakan koefisien autokorelasi pada lag- $k$

$n$  = jumlah data observasi

$k$  = selisih waktu  
 $Q$  = data pengamatan  
 $\bar{Q}$  = rata-rata data pengamatan

Untuk mengetahui apakah koefisien autokorelasi signifikan atau tidak, perlu dilakukan uji dengan hipotesis sebagai berikut:

$H_0 : \rho_k = 0$  (koefisien autokorelasi tidak signifikan)

$H_0 : \rho_k \neq 0$  (koefisien autokorelasi signifikan).

Statistik uji yang digunakan seperti pada persamaan 2.7 sebagai berikut (Wei, 2006).

$$t = \frac{\hat{\rho}_k}{SE(\hat{\rho}_k)} \quad (2.7)$$

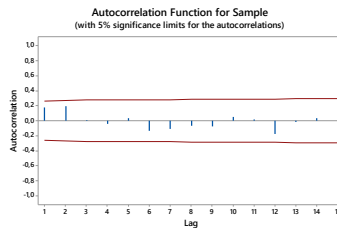
dengan nilai  $SE(\hat{\rho}_k)$  diperoleh pada persamaan 2.6 berikut:

$$SE(\hat{\rho}_k) = \sqrt{\frac{1}{n}(1 + 2\hat{\rho}_1^2 + 2\hat{\rho}_2^2 + \dots + 2\hat{\rho}_{k-1}^2)}. \quad (2.8)$$

Kriteria keputusan tolak  $H_0$  jika  $|t_{hit}| > t_{\alpha/2, n-1}$ , dimana nilai  $\alpha$  merupakan tingkat kesalahan. Selain itu juga dapat menggunakan batas signifikansi dengan persamaan sebagai berikut:

$$0 \pm t_{\alpha/2, n-1} SE(\hat{\rho}_k). \quad (2.9)$$

dikatakan signifikan ketika nilai  $\hat{\rho}_k$  berada diluar batas signifikansi dengan nilai  $\alpha$  tertentu (Wei, 2006). Gambar 2.1 contoh *plot* ACF dengan batas signifikansi  $\alpha$  sebesar 5%.



**Gambar 2.1** Contoh Plot ACF Data *Sample*

Pada contoh diatas dapat diketahui bahwa data tidak terjadi autokorelasi karena tidak ada *lag* yang memiliki nilai ACF diatas batas signifikansi.

## 2.4 Analisis Cluster

Menurut Rencher & Alvin (2002) analisis *cluster* (analisis kelompok) adalah metode analisis yang digunakan untuk mengelompokkan obyek-obyek pengamatan menjadi beberapa kelompok sehingga akan diperoleh kelompok dimana obyek-obyek dalam satu kelompok tersebut mempunyai persamaan sedangkan dengan anggota kelompok lain mempunyai perbedaan. Terdapat dua metode *cluster* yaitu metode hirarki dan metode non-hirarki. Pada penelitian ini metode pengelompokan yang digunakan menggunakan metode hirarki.

Analisis *cluster* metode hirarki diawali dengan mengelompokkan dua atau lebih obyek yang mempunyai kesamaan paling dekat. Selanjutnya dilanjutkan pada obyek lain yang mempunyai kedekatan kedua dan seterusnya. Prosedur yang perlu dilakukan adalah sebagai berikut (Johnson, 2007):

1. Mendapatkan matriks jarak  $D = \{d_{ik}\}$  dan menetapkan akan ada sebanyak  $n$  *cluster* yang dapat terbentuk, dimana  $N$  adalah banyak obyek yang diamati.
2. Menentukan matriks jarak untuk kedekatan antar *cluster*.
3. Menggabungkan *cluster* yang terbukti memiliki kedekatan.
4. Mengulangi langkah 3 sebanyak  $N-1$  kali hingga diperoleh banyaknya *cluster* yang terbentuk dan seberapa dekat jarak antar *cluster* tersebut.

Berikut ini merupakan beberapa macam metode pada analisis *cluster* metode hirarki:

### a. *Single Linkage/*

Metode *single linkage* didasarkan pada jarak minimum. Dimulai dengan dua obyek yang dipisahkan dengan jarak paling pendek maka keduanya akan ditempatkan pada *cluster* pertama dan seterusnya. Dapat ditulis ke dalam persamaan rumus 2.10 (Johnson, 2007).

$$d_{(ij)k} = \min(d_{ik}, d_{jk}) \quad (2.10)$$

dimana  $d_{ik}$  merupakan jarak antara obyek  $i$  dan  $k$ , sedangkan  $d_{jk}$  adalah jarak antara obyek  $j$  dan  $k$ .

b. *Complete Linkage*

Metode *complete linkage* menghasilkan banyak cara yang sama seperti metode *single linkage*, kecuali pada setiap tahapannya yaitu jarak (kesamaan) antara *cluster-cluster* ditentukan oleh jarak (kesamaan) antara dua obyek dimana satu dari tiap *cluster* yang paling jauh. *Complete linkage* menggunakan aturan jarak maksimum antar *cluster*. Dapat ditulis ke dalam rumus sebagai berikut (Johnson, 2007).

$$d_{(ij)k} = \max(d_{ik}, d_{jk}) \quad (2.11)$$

dimana  $d_{ik}$  merupakan jarak antara obyek  $i$  dan  $k$ , sedangkan  $d_{jk}$  adalah jarak antara obyek  $j$  dan  $k$ .

## 2.5 Analisis Cluster Data Time Series

Analisis *cluster* dapat diterapkan juga pada data *time series*, dimana terdapat prosedur dan algoritma pengelompokan tertentu bila dibanding dengan pengelompokan data *cross section*. Algoritma dan prosedur berbeda dilakukan karena data *time series* merupakan sekelompok nilai pengamatan dalam waktu yang sama dan observasi yang berbeda, dan tidak hanya pada satu selang waktu saja. Data *time series* pada dasarnya digolongkan sebagai data dinamis karena nilai fiturnya berubah sebagai fungsi waktu, yang berarti bahwa nilai setiap titik deret waktu adalah satu atau lebih pengamatan yang dilakukan secara kronologis (Rani & Sikka, 2012). *Cluster time series* adalah pendekatan yang paling banyak digunakan sebagai teknik eksplorasi, dalam algoritma data mining yang lebih kompleks, seperti penemuan, pengindeksan, klasifikasi, dan deteksi anomali (Chis, et al., 2009).

**Definisi 1: Time series Clustering**, diberikan dataset  $n$  data *time series*  $D = \{F_1, F_2, F_3, \dots, F_n\}$  dilakukan partisis secara *unsupervised*  $D$  terhadap  $C = \{C_1, C_2, C_3, \dots, C_n\}$  sedemikian rupa

sehingga dalam kelompok *time series* homogen, pengelompokan dilakukan berdasarkan ukuran kesamaan tertentu. Selanjutnya,  $C_i$  disebut sebagai *cluster*, dimana  $D = \bigcup_{i=1}^k C_i$  dan  $C_i \cap C_j = \emptyset$  untuk setiap  $i \neq j$  (Aghabozorgi, et al., 2015).

Selama berkembangnya pengelompokan pada data deret waktu, banyak teknik yang dikembangkan diantaranya adalah penggunaan jarak-jarak pengelompokan yang sesuai dengan karakteristik data deret waktu (Liao, 2005). Jarak yang digunakan dalam mengukur kedekatan dua data *time series* pada penelitian ini adalah *Dynamic Time Warping* ( $d_{DTW}$ ) dan *Autocorrelation function* ( $d_{ACF}$ ), berikut penjelasan untuk masing-masing jarak.

### 2.5.1 *Dynamic Time Warping (DTW) Distance*

*Dynamic time warping* diperkenalkan pertama kali oleh Sakoe dan Chiba tahun 1978. Jarak DTW dapat digunakan untuk mengukur kedekatan untuk dua data *time series* dengan panjang yang berbeda. *Dynamic Time Warping* (DTW) menggunakan teknik pemrograman dinamis untuk menemukan semua jalur yang mungkin, dan memilihnya untuk menghasilkan jarak minimum antara dua deret waktu menggunakan matriks jarak, dimana masing-masing elemen dalam matriks adalah jarak kumulatif nilai minimal dari tiga tetangga sekitarnya. Jika diberikan dua data *time series*  $Q = q_1, q_2, q_3, \dots, q_m$ , dimana dengan ukuran  $m$  dan  $C = c_1, c_2, c_3, \dots, c_n$  berukuran  $n$ , sehingga terbentuk matriks  $m \times n$ . Setiap elemen  $(i, j)$  merupakan merupakan jarak kumulatif dari jarak  $(i, j)$  dan nilai minimum dari tiga elemen yang berdekatan dengan elemen  $(i, j)$ , dimana  $0 < i \leq n$  dan  $0 < j \leq m$ , sehingga dapat didefinisikan elemen  $(i, j)$  sebagai berikut:

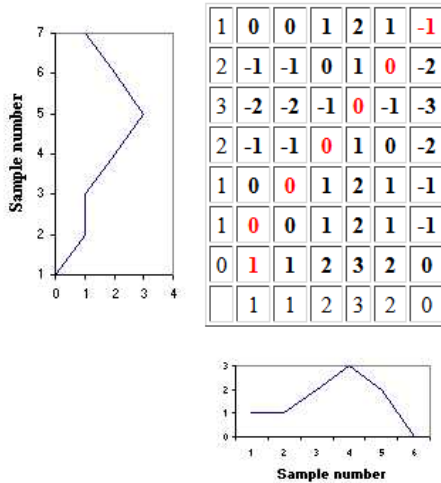
$$e_{ij} = d_{ij} + \min\{e_{(i-j)(j-1)}, e_{(i-j)j}, e_{i(j-1)}\} \quad (2.12)$$

dimana untuk  $e_{ij}$  merupakan elemen matriks  $(i, j)$ . Nilai  $d_{ij}$  merupakan jarak antara  $q_i$  terhadap  $c_j$ . perhitungan nilai  $d_{ij}$  dapat dituliskan pada persamaan 2.13 sebagai berikut:



$$d_{ij} = (q_i - c_j)^2 \quad (2.13)$$

Gambar 2.2 berikut ditampilkan ilustrasi matriks jarak, dimana untuk sumbu-y sebagai  $Q$  dan sumbu-x sebagai  $C$ . Selanjutnya, untuk menemukan *optimal path*, harus menentukan *path* yang memberikan jarak kumulatif terkecil pada  $(m,n)$ . Pada Gambar 2.2 dapat digunakan untuk menentukan perhitungan jarak DTW. *Path* awal selalu  $d_{11}, d_{12}, d_{23}, \dots, d_{ij}, \dots, d_{nm}$  dengan  $j=i+1$ . *Path* akan dimulai dari  $d_{11}$  sampai  $d_{nm}$  dan dilakukan penentuan semua jalur yang mungkin sampai menemukan jarak kumulatif terkecil. Berikut gambar untuk matriks jarak data  $Q$  dan  $C$ .



**Gambar 2.2** Ilustrasi Perhitungan Matriks Jarak (Coleman, 2017)

Jarak kumulatif terkecil atau jarak DTW pada  $(m,n)$  didefinisikan sebagai berikut:

$$d_{DTW}(Q, C) = \min_{\forall w \in P} \left\{ \sqrt{\sum_{k=1}^K d_{wk}} \right\} \quad (2.14)$$

dimana  $P$  adalah sekumpulan dari semua *warping path* yang mungkin, dan  $w_k$  adalah elemen  $(i,j)$  ke- $k$  pada *warping path* dan  $K$  adalah panjang dari *warping path*. (Niennattrakul & Ratanamahatana, 2007)

### 2.5.2 Autocorrelation Function (ACF) Distance

Galeano dan Pena (2000) melakukan penelitian mengenai hubungan data *time series* dengan menggunakan pendekatan *Autocorrelation function* (ACF). Ilustrasi untuk perhitungan jarak ACF adalah sebagai berikut, misalkan diberikan dua data *time series*  $Q = q_1, q_2, q_3, \dots, q_n$  dengan ukuran  $n$  dan  $C = c_1, c_2, c_3, \dots, c_n$  dimana  $\hat{\rho}_Q = (\hat{\rho}_{1,Q}, \dots, \hat{\rho}_{L,Q})^t$  dan  $\hat{\rho}_C = (\hat{\rho}_{1,C}, \dots, \hat{\rho}_{L,C})^t$  adalah vektor-vektor autokorelasi hasil pendugaan dari deret waktu  $Q$  dan  $C$  untuk beberapa  $L$  seperti  $\hat{\rho}_{i,Q} \approx 0$  dan  $\hat{\rho}_{i,C} \approx 0$  dimana untuk  $i > L$ . Jarak antara dua deret waktu kemudian dapat dibentuk pada persamaan 2.15 sebagai berikut:

$$d_{ACF}(Q, C) = \{(\hat{\rho}_Q - \hat{\rho}_C)^t \mathbf{\Omega} (\hat{\rho}_Q - \hat{\rho}_C)\}^{1/2} \quad (2.15)$$

dimana  $d_{ACF}(Q, C)$  adalah jarak autokorelasi antara  $Q$  dan  $C$  sedangkan  $\mathbf{\Omega}$  adalah matriks pembobot, apabila jarak ACF tidak memiliki pembobot maka  $\mathbf{\Omega}$  adalah matriks identitas (Riyadi, et al., 2017).

### 2.6 Pseudo-f Statistics

Penentuan jumlah kluster optimum pada pengelompokan data berskala numerik digunakan nilai *pseudo-f statistic* (Orpin & Kostylev, 2006). Nilai *pseudo-f* tertinggi menunjukkan bahwa jumlah kelompok telah optimal. Kelompok dikatakan optimal apabila homogen antar anggota dalam kelompok yang sama dan heterogen antar anggota dalam kelompok lain. Pada persamaan 2.16 ditampilkan rumus untuk menghitung nilai *pseudo-f statistic*.

$$Pseudo-f = \frac{\left( \frac{R^2}{(c-1)} \right)}{\left( \frac{(1-R^2)}{(n-c)} \right)} \quad (2.16)$$

dengan,

$$R^2 = \left( \frac{SST - SSW}{SST} \right) \quad (2.17)$$

$$SST = \sum_{i=1}^c \sum_{j=1}^{n_c} \sum_{k=1}^p \left( x_{ijk} - \bar{x}_k \right)^2 \quad (2.18)$$

$$SSW = \sum_{i=1}^c \sum_{j=1}^{n_c} \sum_{k=1}^p \left( x_{ijk} - \bar{x}_{ik} \right)^2 \quad (2.19)$$

dimana,

$SST$  : total jumlah dari kuadrat jarak terhadap rata-rata keseluruhan

$SSW$  : total jumlah dari kuadrat jarak objek terhadap rata-rata kelompoknya

$n$  : banyak sampel

$c$  : banyak *cluster*/kelompok

$n_c$  : banyak data pada kelompok ke- $c$

$p$  : banyak variabel

$x_{ijk}$  : kelompok ke- $i$  pada sampel ke- $j$  dan variable ke- $k$

$\bar{x}_k$  : rata-rata seluruh sampel pada variabel ke- $k$

$\bar{x}_{jk}$  : rata-rata kelompok ke- $i$  pada variabel ke- $k$

## 2.7 Koefisien *Silhouette*

Menurut Hair, *et al.*, (1995) validasi internal adalah cara paling sederhana untuk mengevaluasi algoritma pengelompokan data yang didasarkan pada asumsi bahwa *cluster* yang anggotanya dekat satu sama lain dan jauh dari anggota kelompok lainnya. Ketepatan sebuah pengelompokan menunjukkan seberapa baik proses pengelompokan dan kualitas kelompok yang terbentuk. Terdapat beberapa macam ukuran ketepatan untuk mengetahui kualitas suatu pengelompokan. Salah satu ukuran ketepatan yang dapat digunakan dalam menentukan ketepatan pengelompokan deret waktu adalah koefisien *silhouette* yang digunakan untuk mengetahui kualitas pengelompokan yang dapat dirumuskan pada persamaan 2.20 sebagai berikut:

$$S(i) = \frac{b(i) - a(i)}{\max\{a(i), b(i)\}} \quad (2.20)$$

dimana  $a(i)$  adalah rata-rata jarak antar anggota dalam kelompok,  $b(i)$  adalah nilai minimum dari rata-rata jarak dari objek  $i$  dengan objek yang berada di *cluster* lainnya, sedangkan  $S(i)$  merupakan nilai koefisien *silhouette* pada objek ke- $i$ . Nilai koefisien *silhouette* secara keseluruhan merupakan rata-rata  $S(i)$  setiap objek. Pada Tabel 2.2 ditampilkan kriteria koefisien *silhouette* yang ditetapkan oleh Kauffman dan Rousseeuw (1990).

**Tabel 2.2** Kriteria Koefisien *Silhouette*

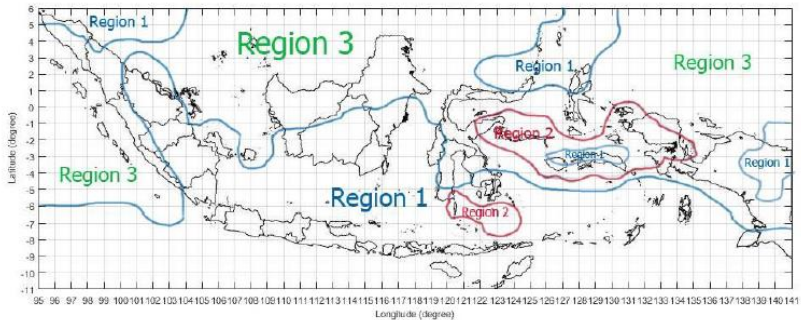
Nilai Koefisien <i>Silhouette</i>	Keterangan
0,71 – 1,00	<i>Strong</i>
0,51 – 0,70	<i>Good</i>
0,26 – 0,50	<i>Weak</i>
0,00 – 0,25	<i>Bad</i>

## 2.8 Curah Hujan

Dalam meteorologi istilah curah hujan ditujukan kepada hasil pengembunan uap air di atmosfer yang jatuh ke permukaan bumi (Sosrodarsono, 1985). Curah hujan dipertimbangkan sebagai pembawa sinyal kekeringan, dan tingkat debit sungai serta air tanah sebagai indikator terjadinya kekeringan (Changnon, 1987). Curah hujan merupakan salah satu parameter atmosfer yang sulit diprediksi. Hal ini dikarenakan curah hujan memiliki keragaman yang tinggi baik secara spasial maupun temporal. Data curah hujan pada dasarnya memiliki dimensi matriks yang cukup besar dan sulit untuk dianalisis. Oleh karena itu, dibutuhkan cara yang tepat untuk menganalisis data curah hujan agar diperoleh informasi yang bermanfaat. BMKG merupakan salah satu badan yang bertugas untuk mencatat curah hujan, namun saat ini jumlah stasiun pengamatan curah hujan di Indonesia belum mencakup seluruh wilayah Indonesia. Data curah hujan yang berasal dari satelit merupakan salah satu hal yang dapat digunakan BMKG untuk menangani masalah tersebut. TRMM merupakan salah satu satelit milik NASA yang dapat digunakan BMKG.

## 2.9 Zona Musim

Aldrian & Susanto (2003) melakukan penelitian mengenai pembagian zona untuk curah hujan di Indonesia berdasarkan kedekatan dan karakteristik, pada Gambar 2.3 merupakan peta hasil zona musim yang terbentuk.



**Gambar 2.3** Peta Zona Musim di Indonesia

Zona 1 merupakan region bertipe *monsoon*, zona 2 merupakan region bertipe *anti monsoon* / lokal, sedangkan region 3 adalah region bertipe *semi monsoon* / *equatorial*. Zona 1 merupakan wilayah yang memiliki perbedaan yang jelas antara periode musim hujan dan periode musim kemarau dengan plot curah hujan bulanan berbentuk huruf U dimana memiliki kecenderungan hujan pada bulan November sampai Maret dan kemarau pada bulan Maret sampai September. Zona 2 merupakan wilayah yang memiliki pola curah hujan bulanan berkebalikan dengan *monsoon* yaitu berbentuk huruf U terbalik serta cenderung hujan pada bulan Mei sampai Juli. Sedangkan region 3 merupakan wilayah yang memiliki pola hujan bulanan dengan dua puncak yaitu berbentuk huruf M serta cenderung hujan pada bulan Oktober, November, Maret, April dan Mei.

## 2.10 Tropical Rainfall Measuring Mission Satellite

*The Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) adalah proyek gabungan antara NASA dan badan antariksa Jepang, JAXA yang diluncurkan pada tanggal 27 November 1997 (Braun, 2011).

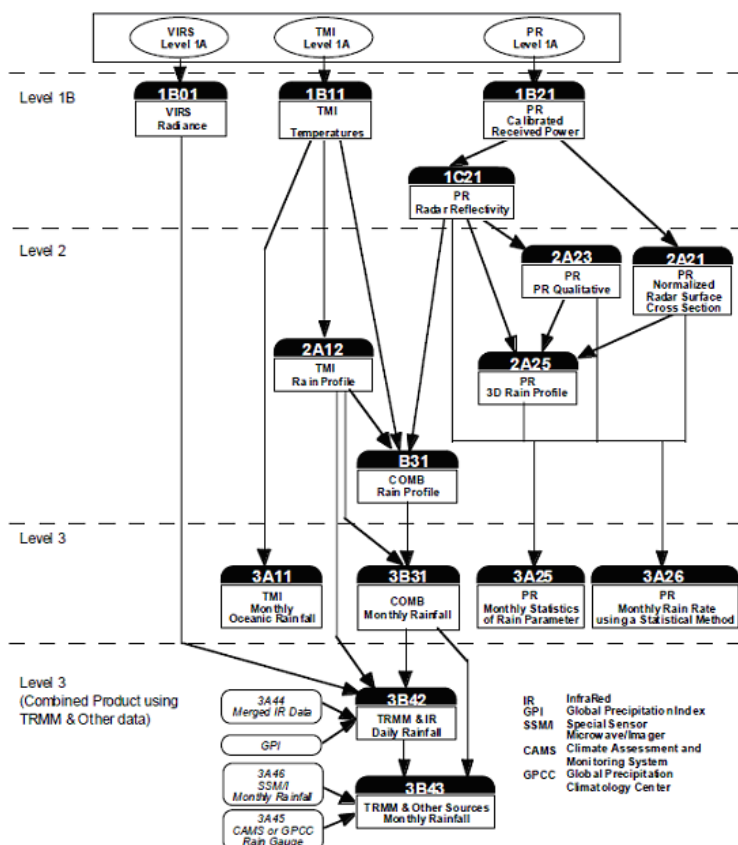
TRMM ini merupakan misi observasi bumi pertama untuk memantau curah hujan tropis yang sangat mempengaruhi perubahan iklim dan lingkungan global. Tujuan utama satelit ini adalah untuk memberikan pemahaman yang lebih baik tentang struktur presipitasi dan pemanasan di daerah tropis di bumi (Simpson, et al., 1996). Menurut Short & North (1990) dan Shin & North (2000), salah satu keuntungan dari TRMM adalah bahwa kesalahan sampling dan bias terkait (misalnya, kesalahan pengisian balok) dapat dikurangi dengan lintangnya yang rendah (350 km) dan kecenderungan rendah ( $35^0$ ).

NASA (2011) dalam Nadjmuddin (2012) disebutkan bahwa TRMM dibekali dengan sensor PR (*Precipitation Radar*) yang merupakan radar presipitasi antariksa yang pertama dibuat, sensor ini dapat memantau distribusi presipitasi secara tiga dimensi di atas daratan maupun lautan. Sensor PR ini bekerja pada frekuensi 13,8 GHz untuk mengukur distribusi presipitasi secara 3 dimensi, baik untuk presipitasi di atas daratan maupun di atas lautan, serta untuk menentukan kedalaman lapisan presipitasi. Sensor yang kedua yaitu TMI (TRMM *Microwave Imager*) yang dapat menghasilkan data berupa integrated column precipitation content, air cair dalam awan (*could liquid water*), es dalam awan (*cloud ice*), intensitas hujan dan tipe hujan. Sensor TMI merupakan suatu *multichannel passive microwave* radiometer yang beroperasi pada 5 frekuensi yaitu 10,65; 19,35; 37,0; dan 85,5 GHz polarisasi ganda dan pada 22,235 GHz polarisasi tunggal. Sensor TMI ini memiliki kemiripan dengan sensor SSM/I DMSP (*Special Sensor Microwave / Imager, Defense Meteorological Satellite Program*). Selain dua sensor tersebut, terdapat Sensor VIRS (*Visible and Infrared Scanner*) yang memiliki fungsi untuk memantau liputan awan, jenis awan dan temperatur puncak awan. Sensor VIRS terdiri dari 5 kanal, masing-masing pada panjang gelombang 0,63; 1,6; 3,75, 10,8 dan 12  $\mu\text{m}$ . Sensor VIRS TRMM ini memiliki kemiripan dengan sensor AVHRR NOAA (*Advance Very High Resolution Radiometer, National Oceanic and Atmospheric Administration*). Resolusi spasial dari data yang dihasilkan oleh sensor VIRS ini adalah 2,2

km. Sensor lainnya yaitu LIS (*Lightning Imaging Sensor*) dan CERES (*Cloud and Earth's Radiant Energy System*). LIS (*Lightning Imaging Sensor*) merupakan suatu alat yang dapat mendeteksi dan mengetahui lokasi petir di sepanjang wilayah tropis. Data yang tercatat meliputi waktu dari peristiwa petir, energi radiasinya (seberapa tingkat kecerahan petir) dan perkiraan lokasi petir. LIS berdiameter sekitar 8 inci dan tingginya 14 inci. Sedangkan CERES (*Clouds and Earth's Radiant Energy System*). Data dari sensor CERES ini dapat digunakan untuk mempelajari pertukaran energi antara matahari, atmosfer bumi, permukaan dan awan, serta ruang. CERES mengukur energi pada bagian atas atmosfer dan mengestimasi energi di atmosfer serta di permukaan bumi. CERES juga dapat menentukan sifat awan, termasuk jumlah awan, ketinggian, ketebalan, dan ukuran partikel awan (Muttaqin, et al., 2014).

Data curah hujan yang dihasilkan oleh TRMM memiliki tipe dan tingkatan yang beragam yang dimulai dari level 1 hingga level 3. Data level 1 merupakan data mentah (*raw*) yang telah dikalibrasi dan terkoreksi geometrik. Level 2 merupakan data yang telah berupa gambaran parameter geofisik hujan pada resolusi spasial yang sama akan tetapi masih dalam kondisi asli keadaan hujan saat satelit melewati daerah yang direkam. Data level 3 sudah memiliki nilai-nilai hujan, khususnya kondisi hujan bulanan yang merupakan penggabungan dari data level 2. Untuk mendapatkan data hujan dalam bentuk milimeter (mm) sebaiknya menggunakan level 3 dengan resolusi spasial  $0,25^0 \times 0,25^0$  dan resolusi temporal 3 jam. Pada akhirnya data TRMM akan digabungkan dengan hasil pengukuran satelit-satelit lain untuk menghasilkan produk TRMM *Multisatellite Precipitation Analysis* (TMPA) yang memiliki tingkat keakurasian yang lebih baik (Makridakis, et al., 1998).

Pada Gambar 2.4 ditampilkan diagram alir algoritma TRMM untuk mendapatkan level dan tipe data tertentu, termasuk *input* data dan *output*-nya (Makridakis, et al., 1998).



**Gambar 2.4** Diagram alir algoritma TRMM (NASDA, 2001)



## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ini dijelaskan mengenai sumber serta data yang digunakan dalam penelitian. Data yang digunakan akan ditampilkan untuk struktur datanya serta diilustrasikan dalam bentuk Peta. Selain itu, pada bab ini juga jelaskan langkah penelitian serta diagram alir penelitian.

#### **3.1 Sumber Data**

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang berasal dari dua sumber yang berbeda, dimana sumber data terbagi menjadi data observasi lapangan dan data observasi satelit NASA. Rincian data yang digunakan dijelaskan pada penjelasan sebagai berikut:

- a. Sumber data pertama diperoleh dari *website* resmi Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) pada url <https://www.bmkg.go.id>. Data yang diperoleh berupa data observasi lapangan yang diambil dari setiap stasiun BMKG di Indonesia.
- b. Sumber data kedua diperoleh dari *website* resmi TRRM web <https://disc.gsfc.nasa.gov>. Data yang diperoleh berupa data observasi satelit secara global dimana pengukuran yang dilakukan berdasarkan letak koordinat Indonesia.

#### **3.2 Variabel Penelitian**

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Data lapangan, merupakan data hasil pengamatan di stasiun Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika yang terletak diseluruh Indonesia, dimana jumlah stasiun pengamatan sebanyak 116 lokasi. Setiap lokasi pengamatan BMKG dapat mencakup luas wilayah seluas  $1 \times 1$  derajat. Data curah hujan yang digunakan verifikasi terhadap data setelit adalah data curah hujan yang diambil mulai 01 Januari 1998 hingga 31 Desember 2016.

- b. Data satelit, merupakan data yang diambil dari satelit TRMM yang berupa data spasial hasil pengukuran satelit secara *real time* terhadap curah hujan (*precipitation*) di Indonesia secara harian. Data pengamatan curah hujan berupa *grid* dengan resolusi sebesar 0,25 derajat, 0,5 derajat dan 1 derajat, posisi Indonesia berada pada koordinat  $-11^{\circ}$  sampai  $6^{\circ}$  LS dan  $95^{\circ}$  sampai  $141^{\circ}$  BT, sehingga secara keseluruhan terdapat 12.765 *grid* atau observasi untuk resolusi 0,25 derajat, 3.255 *grid* untuk resolusi 0,5 derajat, dan sebanyak 846 *grid* untuk resolusi 1 derajat. Sama halnya dengan data lapangan periode data yang digunakan untuk verifikasi 01 Januari 1998 hingga 31 Desember 2016. Data yang digunakan dalam analisis *time series clustering* adalah data curah hujan agregrat bulanan yang dimulai pada 01 Januari 1998 hingga 31 Desember 2017.

Ilustrasi data penelitian ditampilkan pada peta dibawah ini, dimana terdapat peta lokasi stasiun pengamatan lapangan milik BMKG dan peta Indonesia dalam bentuk *grid* untuk data curah hujan

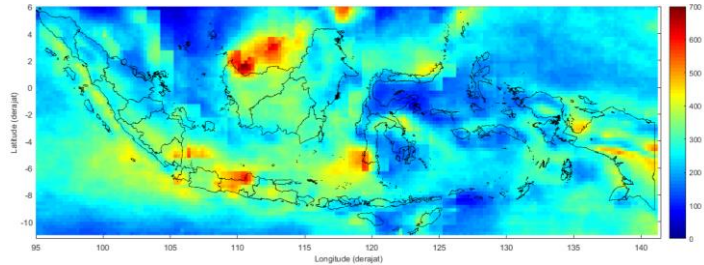
- a. Data Pengamatan Lapangan



**Gambar 3.1** Lokasi Pengamatan Curah Hujan Milik BMKG

Pada Gambar 3.1 dijelaskan bahwa titik merah merupakan stasiun pengamatan milik BMKG yang mencatat curah hujan di sekitar lokasi tersebut. Setiap titik pengamatan secara optimal dapat mencangkup sekitar  $1 \times 1$  derajat lintang maupun bujur.

b. Data Satelit TRMM



**Gambar 3.2** Ilustrasi Data Curah Hujan Satelit TRMM  
Pada Gambar 3.2 ditampilkan ilustrasi data curah hujan yang berasal dari satelit TRMM untuk seluruh wilayah di Indonesia yang ditampilkan dalam bentuk peta.

### 3.3 Struktur Data Penelitian

Ilustrasi dilakukan, dalam mempermudah pembaca bagaimana data yang digunakan dalam penelitian ini, maka dibentuk struktur data pada data curah hujan harian baik dari lapangan maupun dari satelit. Tabel 3.1, Tabel 3.2, Tabel 3.3, dan Tabel 3.4 menunjukkan struktur data penelitian.

**Tabel 3.1** Struktur Data Curah Hujan Pengamatan Lapangan BMKG

No	Sta.	Lat	Lon	Curah Hujan/Periode (mm/day)				
				01 Jan 98	02 Jan 98	...	30 Des 16	31 Des 16
1	1	6	95	$Y_{1,1}$	$Y_{1,2}$	...	$Y_{1,6939}$	$Y_{1,6940}$
2	2	5	95	$Y_{2,1}$	$Y_{2,2}$	...	$Y_{2,6939}$	$Y_{2,6940}$
3	3	5	97	$Y_{3,1}$	$Y_{3,2}$	...	$Y_{3,6939}$	$Y_{3,6940}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
115	115	-11	122	$Y_{115,1}$	$Y_{115,2}$	...	$Y_{115,6939}$	$Y_{115,6940}$
116	116	-11	123	$Y_{116,1}$	$Y_{116,2}$	...	$Y_{116,6939}$	$Y_{116,6940}$

Tabel 3.2 merupakan struktur data yang digunakan dalam analisis *cluster* baik dengan jarak *euclidean* dan jarak ACF untuk menentukan zona musim, dimana unit obeservasi sebanyak 12.765 lokasi yang mencakup seluruh wilayah Indonesia.

**Tabel 3.2** Struktur Data Curah Hujan Pengamatan Satelit TRMM Resolusi 0,25 Derajat

No	Lat	Lon	Rata-rata Curah Hujan/Periode (mm/day)				
			Jan 98	Feb 98		Nop 17	Des 17
1	6,00	95,00	$Y_{1,1}$	$Y_{1,2}$	...	$Y_{1,239}$	$Y_{1,240}$
2	5,75	95,00	$Y_{2,1}$	$Y_{2,2}$	...	$Y_{2,239}$	$Y_{2,240}$
3	5,50	95,00	$Y_{3,1}$	$Y_{3,2}$	...	$Y_{3,239}$	$Y_{3,240}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
12764	-10,75	141,00	$Y_{12764,1}$	$Y_{12764,2}$	...	$Y_{12764,239}$	$Y_{12764,240}$
12765	-11,00	141,00	$Y_{12765,1}$	$Y_{12765,2}$	...	$Y_{12765,239}$	$Y_{12765,240}$

**Tabel 3.3** Struktur Data Curah Hujan Pengamatan Satelit TRMM Resolusi 0,5 Derajat

No	Lat	Lon	Rata-rata Curah Hujan/Periode (mm/day)				
			Jan 98	Feb 98		Nop 17	Des 17
1	6,00	95,00	$Y_{1,1}$	$Y_{1,2}$	...	$Y_{1,239}$	$Y_{1,240}$
2	5,50	95,00	$Y_{2,1}$	$Y_{2,2}$	...	$Y_{2,239}$	$Y_{2,240}$
3	4,00	95,00	$Y_{3,1}$	$Y_{3,2}$	...	$Y_{3,239}$	$Y_{3,240}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
3254	-10,50	141,00	$Y_{3254,1}$	$Y_{3254,2}$	...	$Y_{3254,239}$	$Y_{3254,240}$
3255	-11,00	141,00	$Y_{3255,1}$	$Y_{3255,2}$	...	$Y_{3255,239}$	$Y_{3255,240}$

Tabel 3.3 merupakan struktur data yang digunakan dalam analisis *cluster* dengan jarak DTW, dimana unit obeservasi sebanyak 3.255 lokasi yang mencakup seluruh wilayah Indonesia. Sedangkan pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.4 digunakan dalam verifikasi data lapangan BMKG dan data TRMM. Data TRMM dan lapangan yang digunakan sebanyak 6940 hari serta terdapat 116 lokasi.

**Tabel 3.4** Struktur Data Curah Hujan Pengamatan Satelit TRMM Resolusi 1 Derajat

No	Lat	Lon	Curah Hujan/Periode (mm/day)			
			01 Jan 98	02 Jan 98	30 Des 16	31 Des 16
1	6,00	95,00	$Y_{1,1}$	$Y_{1,2}$	...	$Y_{1,6939}$
2	5,00	95,00	$Y_{2,1}$	$Y_{2,2}$	...	$Y_{2,6939}$
3	4,00	95,00	$Y_{3,1}$	$Y_{3,2}$	...	$Y_{3,6939}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
845	-10,00	141,00	$Y_{845,1}$	$Y_{845,2}$	...	$Y_{845,6939}$
856	-11,00	141,00	$Y_{846,1}$	$Y_{846,2}$	...	$Y_{846,6939}$

### 3.4 Langkah Analisis

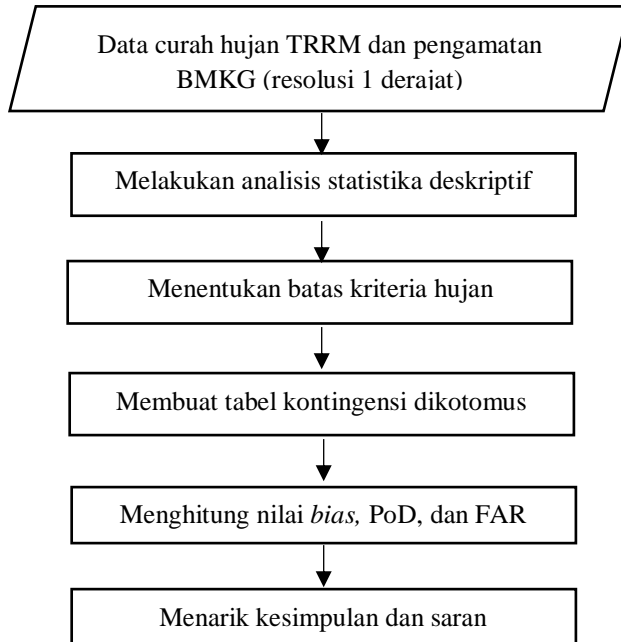
Langkah analisis dalam penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut

1. Mendeskripsikan data curah hujan pengamatan data satelit TRMM menggunakan statistika deskriptif serta *time series plot* untuk beberapa lokasi pengamatan untuk melihat karakteristik dari curah hujan. Statistika deskriptif yang digunakan meliputi diagram batang untuk curah hujan bulanan pada setiap zona musim di Indonesia.
2. Melakukan verifikasi data satelit TRMM terhadap data pengamatan lapangan BMKG, dengan langkah sebagai berikut:
  - a. Data yang digunakan sejumlah 116 lokasi untuk data BMKG dan data satelit TRMM, dengan resolusi 1 derajat.
  - b. Menentukan batas curah hujan ekstrim dan hujan lebat.
  - c. Membuat tabel dikotomis sesuai pada Tabel 3.1
  - d. Mengitung kriteria verifikasi kebaikan data TRMM menggunakan kriteria *bias score*, *probability of detection* (PoD), dan *false alarm ratio* (FAR)

3. Melakukan *clustering* untuk pemetaan zona musim di Indonesia menggunakan data curah hujan satelit TRMM, dengan langkah sebagai berikut
  - a. Data yang digunakan merupakan data curah hujan setiap wilayah di Indonesia yang berasal dari satelit TRMM bulanan dengan resolusi 0,25 derajat pada jarak *euclidean* dan ACF serta 0,5 derajat untuk *cluster* jarak DTW. Jumlah *cluster* ditentukan sebanyak 2 hingga 5 zona musim.
  - b. Melakukan *clustering* dengan menggunakan jarak *dynamic time warping* (DTW) pada data curah hujan TRMM resolusi 0,5 derajat dengan langkah sebagai berikut:
    - i. Mendapatkan matriks jarak DTW dan menetapkan akan ada sebanyak  $n$  *cluster* yang dapat terbentuk, dimana  $N$  adalah banyak obyek yang diamati.
    - ii. Menentukan matriks jarak untuk kedekatan antar *cluster*.
    - iii. Menggabungkan *cluster* yang terbukti memiliki kedekatan menggunakan metode *complete linkage*.
    - iv. Mengulang langkah 3 sebanyak  $n-1$  kali hingga diperoleh banyaknya *cluster* yang terbentuk dan seberapa dekat jarak antar *cluster* tersebut.
    - v. Melakukan *clustering* dengan jumlah *cluster* sebanyak 2 hingga 3
    - vi. Memilih jumlah *cluster* terbentuk menggunakan kriteria koefisien *silhouette* dan *pseudo-f statistics*
  - c. Melakukan *clustering* dengan menggunakan jarak *autocorrelation function* (ACF) pada data curah hujan TRMM resolusi 0,25 derajat dengan langkah sebagai berikut:
    - i. Mendapatkan matriks jarak DTW dan menetapkan akan ada sebanyak  $n$  *cluster* yang dapat terbentuk, dimana  $N$  adalah banyak obyek yang diamati.

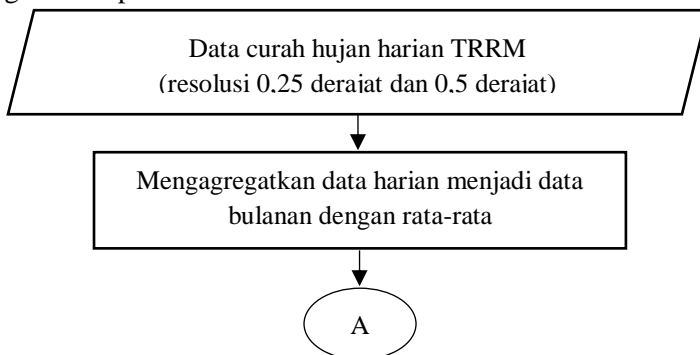
- ii. Menentukan matriks jarak untuk kedekatan antar *cluster*.
- iii. Menggabungkan *cluster* yang terbukti memiliki kedekatan menggunakan metode *complete linkage*.
- iv. Mengulang langkah 3 sebanyak  $n-1$  kali hingga diperoleh banyaknya *cluster* yang terbentuk dan seberapa dekat jarak antar *cluster* tersebut.
- v. Melakukan *clustering* dengan jumlah *cluster* sebanyak 2 hingga 3
- vi. Memilih jumlah *cluster* terbentuk menggunakan kriteria koefisien *silhouette pseudo-f statistics*
- d. Melakukan *clustering* dengan menggunakan jarak *euclidean* pada data curah hujan TRMM resolusi 0,25 derajat dengan langkah sebagai berikut:
  - i. Mendapatkan matriks jarak *euclidean* dan menetapkan akan ada sebanyak  $n$  *cluster* yang dapat terbentuk, dimana  $N$  adalah banyak obyek yang diamati.
  - ii. Menentukan matriks jarak untuk kedekatan antar *cluster*.
  - iii. Menggabungkan *cluster* yang terbukti memiliki kedekatan menggunakan metode *complete linkage*.
  - iv. Mengulang langkah 3 sebanyak  $n-1$  kali hingga diperoleh banyaknya *cluster* yang terbentuk dan seberapa dekat jarak antar *cluster* tersebut.
  - v. Melakukan *clustering* dengan jumlah *cluster* sebanyak 2 hingga 3
  - vi. Memilih jumlah *cluster* terbentuk menggunakan kriteria koefisien *silhouette pseudo-f statistics*
- e. Membandingkan hasil pengelompokan pada semua jarak berdasarkan kriteria koefisien *silhouette*.

Langkah analisis untuk verifikasi data TRRM terhadap data lapangan dapat digambarkan dalam diagram alir pada Gambar 3.3.



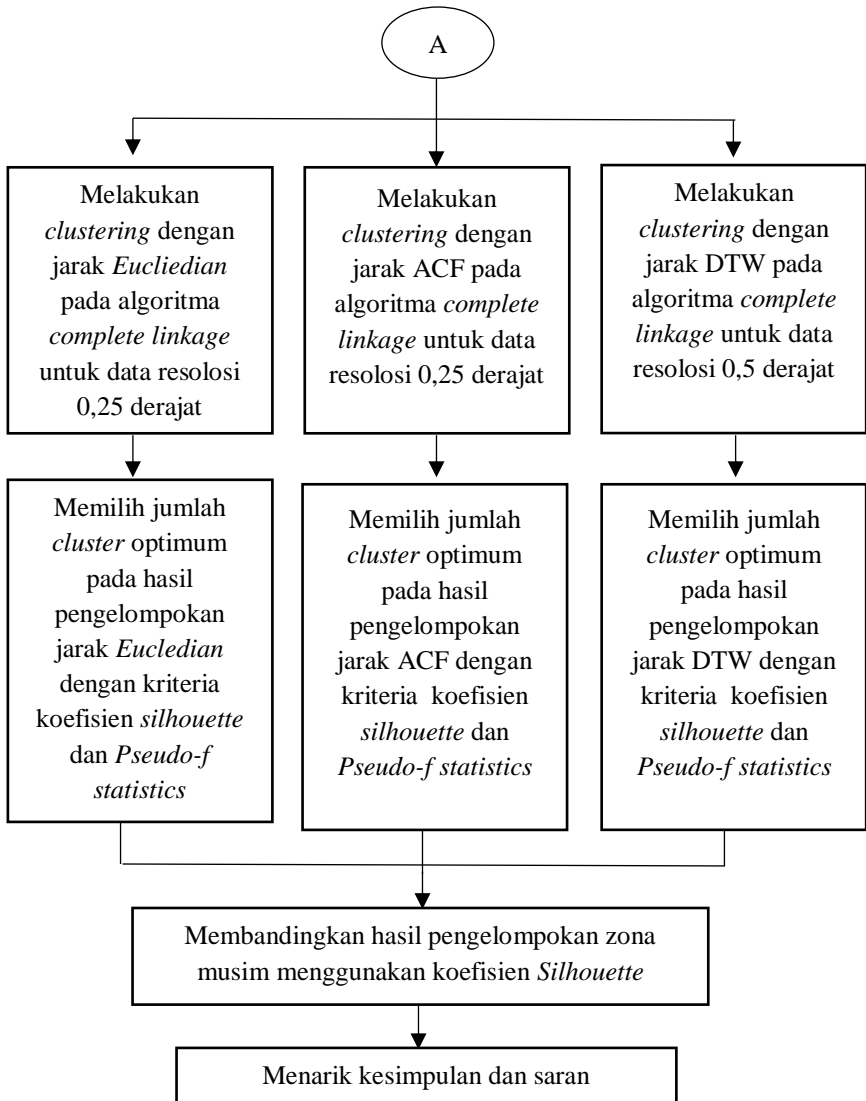
**Gambar 3.3** Diagram Alir Verifikasi Data TRMM

Sedangkan, langkah-langkah analisis untuk *clustering* data curah hujan dengan berbasis data *time series* digambarkan dalam diagram alir pada Gambar 3.4.



**Gambar 3.4** Diagram Alir *Clustering Time series* Data Curah Hujan TRMM





**Gambar 3.4** Diagram Alir *Clustering Time series* Data Curah Hujan TRMM (lanjutan)

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB IV**

### **ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Pada Penelitian ini analisis mengenai curah hujan dilakukan tiga tahap yaitu, statistika deskriptif, verifikasi data curah hujan TRMM terhadap data lapangan BMKG, serta *cluster* dengan jarak DTW dan ACF. Kriteria kebaikan pengelompokan dihitung menggunakan koefisien *Silhouette* dan *Pseudo-f Statistics*. Data yang digunakan untuk verifikasi merupakan data curah hujan dengan resolusi 1 derajat x 1 derajat secara harian sedangkan untuk *cluster* menggunakan resolusi 0,25 derajat x 0,25 derajat secara bulanan, berikut hasil analisis dan pembahasan yang diperoleh.

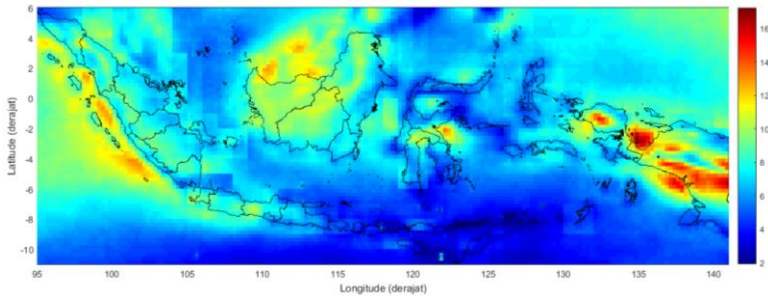
#### **4.1 Karakteristik Curah Hujan di Indonesia**

Pada penjelasan ini lebih difokuskan terhadap data TRRM, sehingga untuk karakteristik data ataupun pola curah hujan setiap *grid* akan dijelaskan menggunakan data TRRM. Karakteristik curah hujan di Indonesia dibahas dalam beberapa topik, meliputi rata-rata curah hujan di Indonesia pada 1 Januari 1998 hingga 31 Desember 2017, pola bulanan curah hujan pada setiap zona musim yang dibentuk oleh Aldrian & Susanto (2003), serta *timeseries* plot perbandingan antara data curah hujan TRRM dan data lapangan BMKG.

##### **4.1.1 Rata-rata Curah Hujan di Indonesia**

Rata-rata curah hujan di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 4.1, dari peta dapat diketahui daerah di Indonesia yang memiliki curah hujan tinggi dan juga sebaliknya, berikut peta rata-rata curah hujan di Indonesia pada bulan Januari 1998 hingga Desember 2017. Daerah yang memiliki curah hujan tinggi akan mendekati warna merah bata sedangkan daerah dengan curah hujan rendah ditandai dengan warna biru tua. Rata-rata curah hujan di Indonesia pada periode tersebut sangat bervariasi dengan kisaran nilai sebesar 0,00 mm/hari hingga 18 mm/hari. BMKG membuat kriteria untuk curah hujan harian yaitu jika curah rendah berkisar 0,00 mm/hari hingga 3,33 mm/hari, curah hujan sedang 3,33

mm/hari hingga 10,00 mm/hari, curah hujan tinggi antara 10,00 mm/hari hingga 13,33 mm/hari, sedangkan curah hujan dikatakan sangat tinggi saat bernilai  $>13,33$  mm/hari.

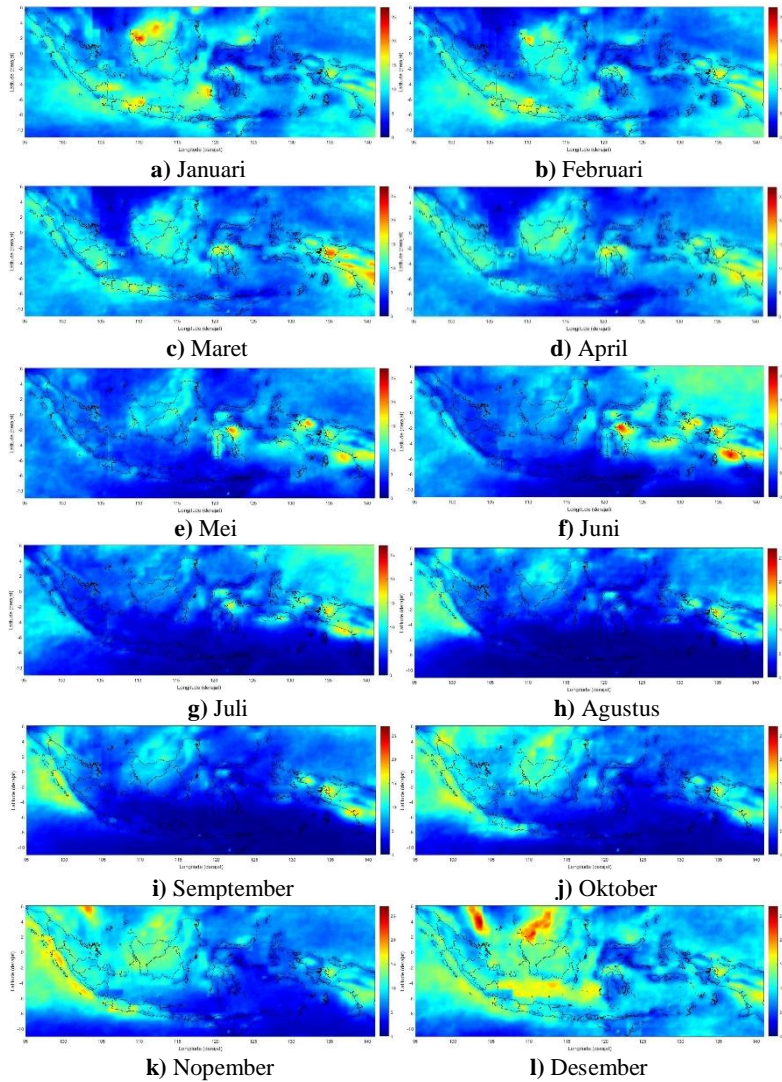


**Gambar 4.1** Rata-rata Curah Hujan di Indonesia

Wilayah Indonesia yang memiliki curah hujan rendah diantaranya adalah di sekitar wilayah Bali dan Nusa Tenggara, artinya pada wilayah tersebut kecenderungan mengalami musim kemarau yang lebih lama dibandingkan dengan daerah lain. Daerah tersebut hanya memiliki rata-rata curah hujan setiap harinya sebesar 0,00 mm/hari hingga 3,33 mm/hari saja. Sebagian wilayah Papua dan Papua Barat memiliki curah hujan paling tinggi jika dibandingkan wilayah lain di Indonesia, yaitu berkisar antara 12 mm/hari hingga 18 mm/hari yang berarti bahwa pada daerah tersebut memiliki intensitas hujan yang lebih tinggi. Kecenderungan pada wilayah Papua dan Papua Barat terjadi hujan lebat mengingat menurut kriteria BMKG curah hujan di daerah tersebut dikategorikan sangat tinggi. Rata-rata pada wilayah di Pulau Sumatera dan Kalimantan memiliki curah hujan yang tinggi sedangkan untuk wilayah Jawa dan Sulawesi memiliki curah hujan yang sedang.

Rata-rata curah hujan untuk setiap *grid* dan bulan dapat ditampilkan pada Gambar 4.2, untuk melihat bagaimana pola curah hujan untuk setiap bulan serta melihat pergerakan curah hujan di Indonesia pada musim kemarau maupun pada musim penghujan. Untuk melihat karakteristik curah hujan setiap bulan di Indonesia dapat dilihat dengan menggunakan diagram batang pada Gambar

4.3, dengan diagram tersebut akan terlihat pada bulan apa Indonesia akan mengalami musim kemarau maupun penghujan.

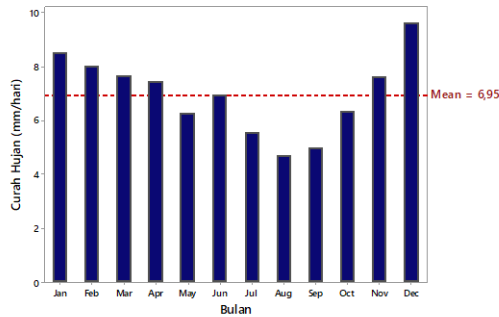


**Gambar 4.2 a-l Rata-rata Curah Hujan Setiap Grid di Indonesia**

Rata-rata curah hujan untuk bulan Januari dan Februari di Indonesia memiliki pola yang hampir sama dimana rata-rata setiap *grid* nya yaitu 7 mm/hari. Pada bulan Maret dan April sebagian wilayah Indonesia yang meliputi Bali, Nusa Tenggara Timur dan Barat, serta sebagian wilayah Sulawesi memiliki rata-rata curah hujan di bawah 6 mm/hari, artinya curah hujan di wilayah tersebut sudah mulai memasuki musim kemarau. Sebagian wilayah Indonesia yang meliputi Sumatera, Jawa, Bali, NTB dan NTB pada bulan Mei sudah mulai memasuki wilayah musim kemarau yang terlihat dari curah hujan bulanan pada wilayah tersebut berada pada rentang  $<5$  mm/hari.

Sebagian wilayah di Indonesia pada bulan Juni hingga September sudah memasuki musim kemarau dimana hal ini terjadi saat nilai curah hujan di bawah 5 mm/hari. Namun terdapat pula wilayah yang masih memiliki curah hujan tinggi yaitu di sebagian wilayah Papua, hal ini mengindikasikan bahwa sebagian wilayah Papua masih memasuki musim hujan. Curah hujan pada bulan Oktober di wilayah Indonesia bagian barat mulai meningkat, namun untuk wilayah Indonesia bagian selatan masih rendah. Bulan November dan Desember sebagian besar wilayah Indonesia sudah mulai memasuki musim penghujan dan hanya wilayah Bali, NTT dan NTB yang masih memiliki curah hujan rendah yaitu kurang dari 5 mm/hari.

Wilayah Papua memiliki curah hujan yang konstan tinggi bila dibandingkan dengan wilayah Indonesia yang lain. Pada bulan Mei hingga Oktober sebagian wilayah Indonesia sudah mulai memasuki musim kemarau dimana hal ini terlihat pada Gambar 4.2 curah hujan sudah mulai rendah. Jika dilihat pola rata-rata curah hujan setiap wilayah mulai dari bulan Januari hingga Desember, musim kemarau dimulai terlebih dahulu dari Samudra Hindia dan bergerak menuju ke wilayah Indonesia bagian utara, sehingga wilayah Indonesia bagian selatan merupakan wilayah yang paling lama mengalami musim kemarau. Sedangkan musim hujan dimulai dari Indonesia bagian utara dan bergerak menuju ke Samudera Hindia.



**Gambar 4.3** Rata-rata Curah Hujan di Indonesia

Curah hujan tertinggi di Indonesia terjadi pada bulan Desember yaitu dengan rata-rata curah hujan sebesar 9,60 mm/hari, sedangkan untuk curah hujan terendah terjadi pada bulan Agustus dengan rata-rata berkisar pada angka 4,70 mm/hari sesuai dengan diagram batang yang disajikan pada Gambar 4.3. Bulan November hingga April merupakan bulan dengan curah hujan di atas rata-rata sehingga pada bulan tersebut Indonesia diprediksi mengalami musim penghujan. Sedangkan bulan Mei hingga Oktober memberikan hasil sebaliknya yaitu memiliki curah hujan yang cenderung rendah, sehingga wilayah Indonesia diprediksi mengalami musim kemarau. Pola curah hujan dari bulan Januari hingga Mei mengalami penurunan, kemudian pada bulan Juni terjadi kenaikan. Namun, pada bulan Juli hingga Agustus curah hujan kembali menurun, dan setelahnya mengalami kenaikan hingga bulan Desember dimana bulan Desember merupakan puncak curah hujan tertinggi.

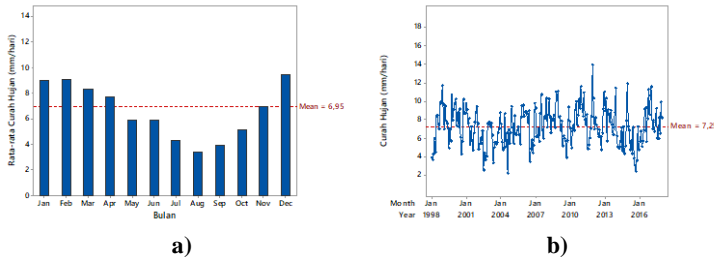
#### **4.1.2 Karakteristik Curah Hujan Setiap Zona Musim**

Karakteristik curah hujan akan dilakukan untuk setiap zona musim yang bertujuan untuk melihat bagaimana kondisi curah hujan di Indonesia untuk setiap zona musim dan untuk mengetahui apakah pembagian zona musim yang telah dilakukan oleh Aldrian & Susanto (2003) masih berlaku untuk kondisi curah hujan saat ini.

Berikut ini merupakan pola curah hujan setiap bulan yang dilihat untuk setiap zona musim di Indonesia.

**a. Zona 1 Tipe Musim Monsoon**

Zona 1 memiliki tipe *monsoon* dimana plot curah hujan berbentuk U dan berikut plot curah hujan rata-rata pada daerah zona 1 untuk Januari 1998 hingga Desember 2017.



**Gambar 4.4** Rata-rata Curah Hujan Bulanan Pada Zona 1 (mm/hari)

Pada Gambar 4.4 (a) dapat dijelaskan bahwa *plot* curah hujan membentuk pola U, dimana kondisi ini sesuai dengan pembagian zona yang dilakukan oleh Aldrian & Susanto (2003). Musim hujan dan musim kemarau memiliki pembeda yang jelas, dimana musim kemarau berada disekitar bulan Mei hingga Oktober. Curah hujan tertinggi berada pada bulan Desember dimana memiliki rata-rata sekitar 10 mm/hari, sedangkan untuk curah hujan terendah berada pada bulan Agustus yaitu dibawah 4 mm/hari.

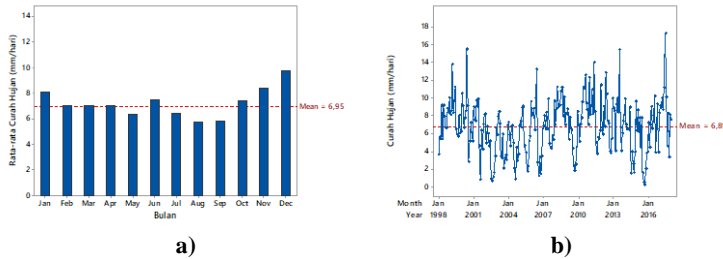
Curah hujan pada zona ini sangat fluktuatif, dimana curah hujan berkisar pada angka 7,25 mm/hari. Pada Gambar 4.4 (b) diketahui bahwa selama 2 tahun terakhir pada daerah zona musim *monsoon* mengalami kenaikan curah hujan jika dibandingkan dengan tahun sebelumnya, dimana selama tahun 2015 memiliki curah hujan yang rendah yaitu berada di bawah rata-rata selama 20 tahun terakhir.

**b. Zona 2 Tipe Musim Anti Monsoon**

Menurut Aldrian & Susanto (2003) zona 2 disebut juga anti *monsoon*, dimana pola curah hujan berkebalikan dengan zona 1, yaitu pada zona 2 membentuk pola U terbalik. Diagram batang dan



*time series plot* perbulan untuk rata-rata curah hujan pada lokasi yang berada pada zona 2 ditunjukkan pada diagram dan *plot* Gambar 4.4.



**Gambar 4.5** Rata-rata Curah Hujan Bulanan Pada Zona 2 (mm/hari)

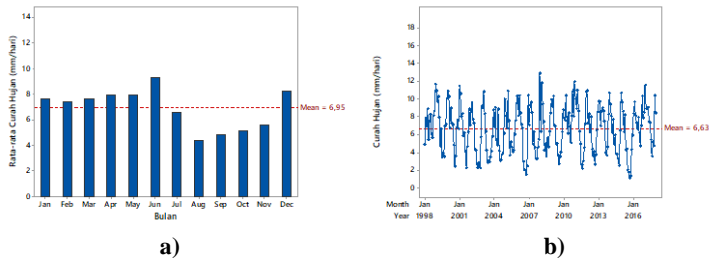
Gambar 4.5 (a) menunjukkan bahwa pola curah hujan setiap bulan tidak membentuk suatu pola tertentu, hal ini berbeda dengan pembagian zona oleh Aldrian dimana pada zona 2 pola curah hujan membentuk pola U terbalik. Perbedaan pola yang terjadi dapat disebabkan perubahan curah hujan sehingga mengakibatkan pergeseran pada pengelompokan. Curah hujan pada zona 2 tertinggi berada pada bulan Desember dan terendah pada bulan Agustus. Musim hujan terjadi pada awal dan akhir tahun. Pola curah hujan zona 2 mempunyai kemiripan dengan rata-rata keseluruhan wilayah di Indonesia berdasarkan Gambar 4.3.

Curah hujan pada lokasi di zona 2 sangat fluktuatif dan bergerak di sekitar 6,81 mm/hari. Selama 3 tahun terakhir curah hujan pada lokasi ini mengalami kenaikan dan penurunan setiap bulan, dimana pada tahun 2015 dan 2016 rata-rata curah hujan berada di bawah rata-rata selama 20 tahun terakhir, sedangkan pada tahun 2017 rata-rata curah hujan kembali mengalami kenaikan.

#### c. **Zona 3 Tipe Musim Semi Monsoon**

Zona 3 memiliki tipe semi *monsoon* dimana plot curah hujan berbentuk M, artinya akan terjadi musim penghujan selama dua kali dalam satu tahun. Menurut Aldrian & Susanto (2003), pada daerah yang memiliki zona musim tipe semi *monsoon* mengalami musim penghujan pada bulan bulan Oktober, November, Maret,

April dan Mei. Gambar 4.6 menunjukkan *time series plot* untuk rata-rata curah hujan lokasi ini selama 20 tahun terakhir.



**Gambar 4.6** Rata-rata Curah Hujan Bulanan Pada Zona 3 (mm/hari)

Gambar 4.6 (a) menunjukkan pola curah hujan bulanan wilayah Indonesia pada zona 3, dimana lokasi tersebut selama setahun mengalami puncak tertinggi nilai curah hujan selama dua periode yaitu pada pertengahan dan akhir tahun. Hal tersebut juga mengakibatkan pada lokasi ini memiliki dua kali musim penghujan selama setahun. Puncak curah hujan tertinggi berada pada bulan Juni dan Desember. Titik terendah untuk curah hujan berada pada bulan Agustus. Sedangkan pada Gambar 4.6 (b) menunjukkan pergerakan curah hujan di Indonesia yang berada pada zona 3 selama 20 tahun terakhir dimana pola curah hujan secara grafik stabil pada angka 6,63 mm/hari.

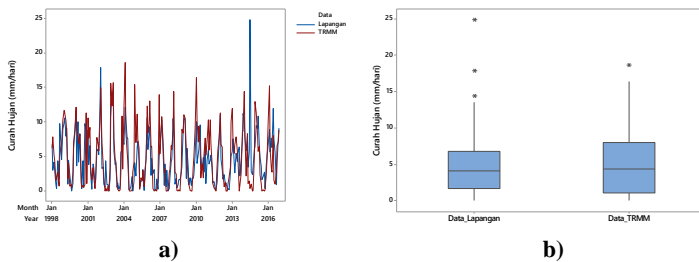
#### 4.1.3 Perbandingan Curah Hujan Satelit TRMM dan Lapangan BMKG

Pada sub bab ini akan dibahas mengenai perbandingan data TRMM dan lapangan BMKG. Perbandingan dilihat berdasarkan *time series plot* dan *boxplot* antara data satelit TRMM dan data lapangan BMKG yaitu data rata-rata curah hujan bulanan, serta uji t secara berpasangan. Uji t secara berpasangan dilakukan untuk melihat seberapa besar perbedaan dan seberapa besar signifikansi perbedaan tersebut. Dilakukan perbandingan untuk setiap zona musim yang diwakili oleh satu lokasi pengamatan BMKG serta rata-rata curah hujan setiap zona. Zona musim 1 diwakili oleh Kabupaten Bondowoso – Jawa Timur, zona 2 diwakili oleh Kabupaten Raja Ampat – Papua Barat, dan zona musim 3

diwakilkan oleh Kabupaten – Berau Kalimantan Timur. Berikut hasil perbandingan yang diperoleh untuk setiap zona.

**a. Zona 1 Tipe Musim *Monsoon***

Perbandingan antara data curah hujan satelit TRMM dan lapangan BMKG dilakukan pada salah satu lokasi dan rata-rata keseluruhan lokasi. Pada Gambar 4.7 merupakan *time series plot* dan *boxplot* pada lokasi Kabupaten Bondowoso yang mewakili zona ini, berikut hasil yang diperoleh.

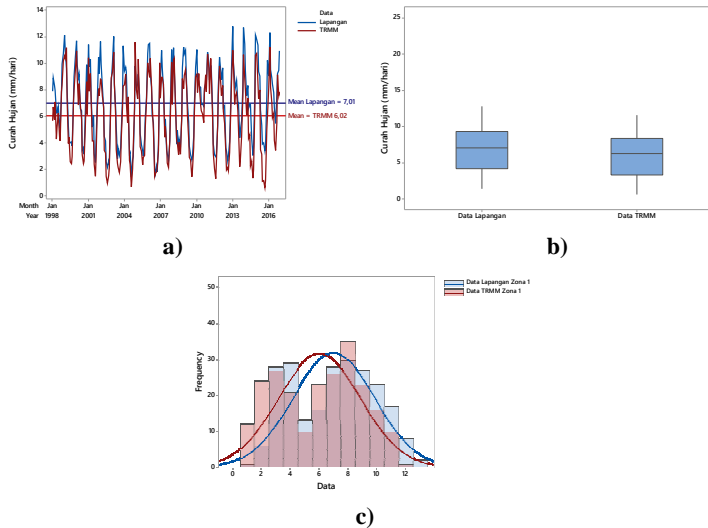


**Gambar 4.7** *Time Series Plot* dan *Boxplot* Data Satelit TRMM dan Lapangan BMKG Untuk Lokasi Kabupaten Bondowoso (mm/hari)

*Time series plot* pada Gambar 4.7 (a) terlihat bahwa plot warna biru dan merah saling berhimpitan yang berarti antara data satelit TRRM dan lapangan BMKG tidak banyak mengalami perbedaan. Hanya ada beberapa bulan saja yang memiliki perbedaan curah hujan yang cukup besar yaitu pada bulan Juli 2004 dimana perbedaan antara data TRMM dan data lapangan BMKG mencapai 24,45 mm/hari. Berdasarkan *boxplot* pada Gambar 4.7 (b) dapat diketahui variansi untuk data TRMM lebih besar dibandingkan dengan data lapangan BMKG yang terlihat dari lebarnya *range* pada setiap data, selain itu dapat diketahui bahwa tidak ada perbedaan antara data TRMM dan lapangan karena nilai median berada sejajar. Dalam meyakinkan tidak adanya perbedaan antara data TRMM dan data lapangan BMKG, dilanjutkan dengan melakukan pengujian t berpasangan dimana didapatkan hasil *p-value* sebesar 0,119 dan rata-rata perbedaan sebesar 0,331. Sehingga, dengan menggunakan taraf signifikansi  $\alpha$  sebesar 5%

didapatkan kesimpulan bahwa data TRMM dan data lapangan BMKG tidak berbeda secara signifikan.

Perbandingan dilakukan untuk seluruh wilayah pada zona 1 untuk rata-rata curah hujan secara bulanan, pada Gambar 4.8 merupakan analisis yang didapatkan.



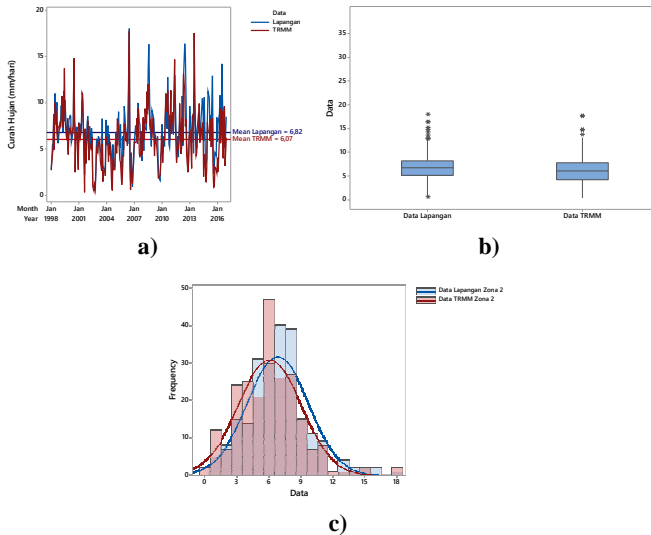
**Gambar 4.8** Time Series Plot, Boxplot, Histogram Data Satelit TRMM dan Lapangan BMKG Untuk Rata-Rata Curah Hujan Bulanan Zona 1 (mm/hari)

Gambar 4.8 (a) menunjukkan *time series plot* antara data TRMM dan data lapangan BMKG untuk zona 1 dimana data tersebut cenderung berhimpit artinya pola data curah hujan TRMM mengikuti pola data lapangan BMKG sehingga antara kedua data tersebut tidak terdapat banyak perbedaan. Data curah hujan yang berasal dari satelit TRMM berada disekitar angka 6,02 mm/hari sedangkan data lapangan BMKG berada disekitar angka 7,01 mm/hari. Pada *boxplot* Gambar 4.8 (b) dapat dijelaskan bahwa data TRMM dan data lapangan BMKG tidak memiliki *outlier*, serta data lapangan BMKG lebih mendekati pola distribusi normal dan nilai variansi dari kedua data mendekati sama. Nilai median antara kedua data memiliki nilai hampir sama yaitu sekitar 6,50 mm/hari. Jika dilihat pada histogram pada Gambar 4.8 (c) dapat diketahui



sebesar 5% didapatkan kesimpulan bahwa data satelit TRMM dan data lapangan BMKG pada Kabupaten Raja Ampat berbeda secara signifikan dengan selang kepercayaan sebesar 95%.

Perbandingan dilakukan untuk seluruh wilayah pada zona 2 untuk rata-rata curah hujan secara bulanan, berikut merupakan analisis yang didapatkan.



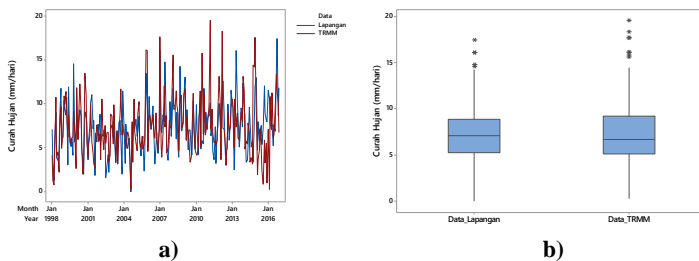
**Gambar 4.10** Time Series Plot, Boxplot, Histogram Data Satelit TRMM dan Lapangan BMKG Untuk Rata-Rata Curah Hujan Bulanan Zona 2 (mm/hari)

Pada Gambar 4.10 (a) terlihat bahwa data curah hujan yang berasal dari pengamatan BMKG dan data satelit TRMM saling berhimpit artinya kedua data tersebut memiliki korelasi yang tinggi dengan nilai korelasi sebesar 0,796. Data curah hujan yang berasal dari satelit TRMM berada disekitar angka 6,07 mm/hari sedangkan data lapangan BMKG berada disekitar angka 6,82 mm/hari. Pada *boxplot* Gambar 4.10 (b) dapat dijelaskan bahwa data satelit TRMM dan data lapangan BMKG memiliki *outlier* dimana *outlier* terbanyak berada pada data lapangan BMKG. Dari *boxplot* juga dapat diketahui bahwa nilai variansi dari kedua data mendekati sama. Jika dilihat pada histogram pada Gambar 4.10 (c) dapat

diketahui pula bahwa data curah hujan TRMM maupun lapangan memiliki ekor kekanan artinya pada zona 2 memiliki kondisi curah hujan ekstrim tinggi. Rata-rata curah hujan yang paling dominan pada zona ini menurut data lapangan BMKG adalah diantara 7 mm/hari hingga 8 mm/hari, sedangkan data satelit TRMM sebesar 6 mm/hari.

### c. Zona 3 Tipe Musim Semi Monsoon

Pada zona musim 3 tipe anti *monsoon* dilakukan perbandingan untuk sampling satu lokasi pengamatan, yaitu Kabupaten Berau – Kalimantan Timur. Pada gambar 4.11 ditampilkan *time series plot* serta *boxplot* untuk perbandingan data curah hujan TRMM dan lapangan pada lokasi ini.

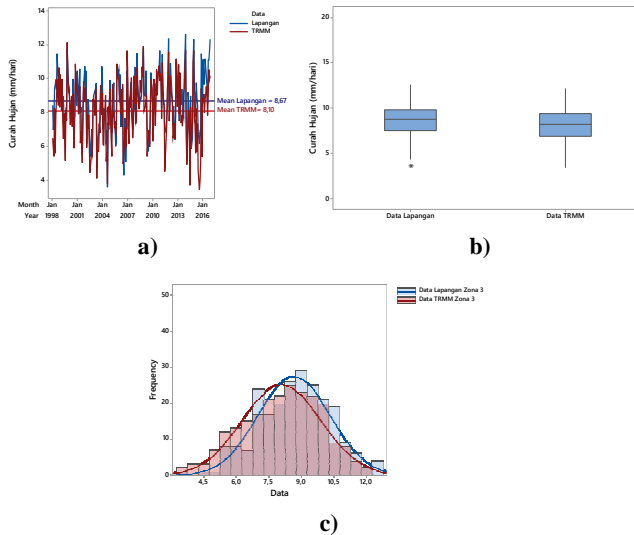


**Gambar 4.11** *Time Series Plot* dan *Boxplot* Data Satelit TRMM dan Lapangan BMKG Untuk Lokasi Kabupaten Berau (mm/hari)

*Time series plot* pada Gambar 4.11 (a) menunjukkan bahwa antara data satelit TRRM dan lapangan BMKG tidak banyak mengalami perbedaan yang terlihat pada plot warna biru dan merah saling berhimpitan. Berdasarkan *boxplot* pada Gambar 4.11 (b) dapat diketahui variansi untuk data satelit TRMM lebih besar dibandingkan dengan data lapangan BMKG yang terlihat dari lebarnya *range* pada setiap data, selain itu dapat diketahui bahwa tidak ada perbedaan antara data satelit TRMM dan lapangan BMKG karena nilai median berada sejajar. Dalam meyakinkan tidak adanya perbedaan antara data TRMM dan lapangan BMKG maka dilakukan uji t berpasangan dimana didapatkan hasil *p-value* sebesar 0,906 dan rata-rata perbedaan sebesar 0,023. Sehingga,

dengan menggunakan taraf signifikansi  $\alpha$  sebesar 5% didapatkan kesimpulan bahwa data TRRM dan pengamatan lapangan pada lokasi ini tidak berbeda secara signifikan.

Perbandingan dilakukan untuk seluruh wilayah pada zona 1 untuk rata-rata curah hujan secara bulanan, berikut merupakan analisis yang didapatkan.



**Gambar 4.12** Time Series Plot, Boxplot, Histogram Data Satelit TRMM dan Lapangan BMKG Untuk Rata-Rata Curah Hujan Bulanan Zona 3 (mm/hari)

Gambar 4.12 (a) menunjukkan *time series plot* antara data TRMM dan data lapangan untuk zona 1 dimana data tersebut cenderung berhimpit artinya pola data curah hujan TRMM mengikuti pola data lapangan BMKG sehingga antara kedua data tersebut tidak terjadi banyak perbedaan dengan nilai korelasi sebesar 0,813. Data curah hujan yang berasal dari satelit TRMM berada sekitar angka 8,10 mm/hari sedangkan data lapangan berada disekitar angka 8,67 mm/hari, sehingga zona 3 merupakan daerah dengan rata-rata curah hujan tertinggi dibandingkan zona yang lain. Pada *boxplot* Gambar 4.12 (b) dapat diketahui bahwa nilai variansi dari kedua data mendekati sama, karena ukuran *box* yang



cenderung sama. Jika dilihat pada histogram pada Gambar 4.10 (c) dapat diketahui pula bahwa data curah hujan TRMM maupun lapangan BMKG memiliki ekor disebelah kiri, artinya pada lokasi ini memiliki nilai ekstrim curah hujan yang rendah dengan intensitas nya masih cenderung kecil. Data satelit TRRM cenderung lebih rendah dibandingkan dengan data curah hujan pengamatan lapangan BMKG, hal tersebut dapat dilihat berdasarkan histogram data lapangan BMKG berada di sebelah kanan.

## 4.2 Verifikasi Data Satelit TRMM

Verifikasi dilakukan untuk mengetahui seberapa baik data satelit *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) digunakan untuk memprediksi data lapangan BMKG. Pada analisis ini dilakukan verifikasi untuk kejadian curah hujan ekstrim dan curah hujan lebat, selain itu jga dilakukan perhitungan nilai *r-square* dan MAE berikut hasil yang diperoleh:

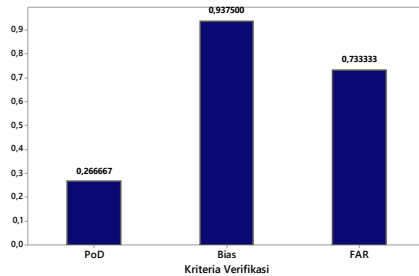
### 4.2.1 Verifikasi Kriteria Curah Ekstrim

BMKG menyebutkan bahwa batas curah hujan dikatakan ekstrim saat pada lokasi atau wilayah tersebut memiliki curah hujan harian lebih dari 100 mm/hari. Verifikasi dilakukan untuk seluruh wilayah di Indonesia yang mempunyai stasiun pengamatan BMKG, yaitu sebanyak 116 lokasi pengamatan dimana periode verifikasi dimulai pada 1 Januari 1998 hingga 31 Desember 2016. Berikut merupakan tabel dikotomis untuk lokasi pengamatan di Kota Batam dengan *longitude* dan *latitude* secara berturut-turut sebesar 104 derajat dan 1 derajat.

**Tabel 4.1** Kontingensi Untuk Kabupaten Batam Pada Kondisi Curah Hujan Ekstrim (hari)

TRMM	Pengamatan Lapangan BMKG		Total
	Ekstrim	Tidak Ekstrim	
Ekstrim	5	15	20
Tidak Ekstrim	40	6880	6920
Total	45	6895	6940

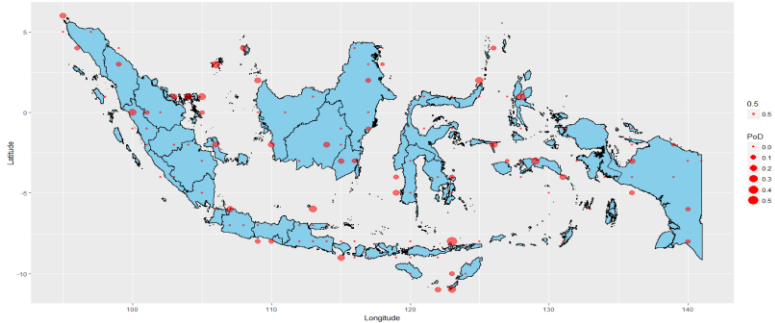
Tabel 4.1 merupakan tabel kontingensi untuk lokasi pengamatan di Kota Batam yang digunakan dalam perhitungan nilai *bias score*, PoD, dan FAR. Selama 1 Januari 1998 hingga 31 Desember 2016 pada lokasi ini tercatat sebanyak 45 kejadian curah hujan ekstrim berdasarkan pengamatan lapangan BMKG, dan sebanyak 20 kejadian berdasarkan data satelit TRMM. Sebanyak 40 kejadian curah hujan ekstrim yang tercatat pengamatan lapangan BMKG tidak tercatat oleh satelit TRMM. Terjadi perbedaan dalam prediksi curah hujan ekstrim oleh data TRRM dan data lapangan BMKG sebanyak 55 hari observasi. Berdasarkan Tabel 4.1 didapatkan nilai verifikasi untuk *bias score*, PoD, dan FAR pada Gambar 4.13.



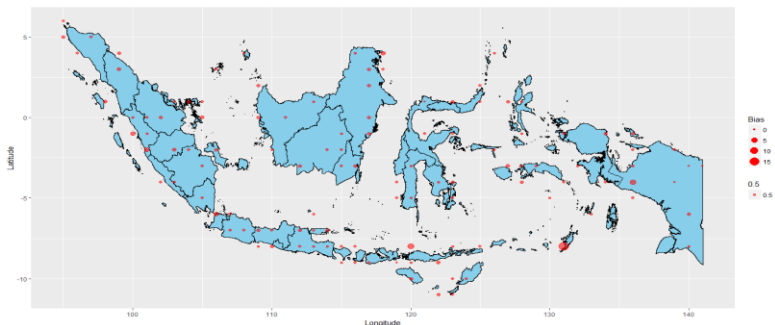
**Gambar 4.13** Nilai Verifikasi Curah Hujan Ekstrim Data TRRM Terhadap Data Pengamatan Lapangan BMKG Lokasi Kota Batam

Berdasarkan Gambar 4.13 diperoleh nilai PoD sebesar 0,267 dimana jika nilai PoD semakin mendekati nilai 1 maka akan semakin baik. Nilai PoD tersebut menjelaskan bahwa pada lokasi ini satelit TRMM dapat dalam memprediksi terjadinya curah hujan ekstrim dipermukaan sebesar 26,7%. Nilai *bias score* akan semakin baik ketika mendekati nilai 1, dimana pada lokasi ini didapatkan nilai *bias score* sebesar 0,937 yang berarti satelit TRRM mampu menangkap curah hujan ekstrim sebesar 93,7% dari data pengamatan BMKG. Sedangkan nilai FAR akan semakin baik saat mendekati nilai 0, dimana pada lokasi ini diperoleh nilai FAR sebesar 0,7333 artinya tingkat kesalahan dalam memprediksi curah hujan ekstrim di permukaan untuk satelit TRMM sebesar 73,3%.

Nilai evaluasi untuk setiap kriteria verifikasi pada seluruh lokasi pengamatan lapangan BMKG ditampilkan dalam peta pada Gambar 4.14 – 4.16.

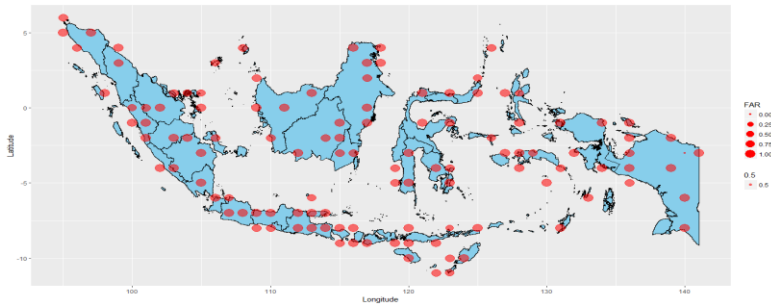


**Gambar 4.14** Nilai *Probability of Detection* Setiap Lokasi Pengamatan BMKG Pada Kondisi Curah Hujan Ekstrim



**Gambar 4.15** Nilai *Bias score* Setiap Lokasi Pengamatan BMKG Pada Kondisi Curah Hujan Ekstrim

Pada Gambar 4.14 dan 4.15 dijelaskan bahwa semakin besar *bias score* dan PoD maka titik berwarna merah akan semakin besar pula, hal ini menandakan bahwa data TRRM baik digunakan pada lokasi tersebut. Rata-rata nilai PoD untuk seluruh lokasi pengamatan BMKG adalah sebesar 0,061 dimana nilai tersebut sangat rendah dan hampir mendekati nilai 0, artinya performa satelit TRMM dalam mendeteksi curah hujan ekstrim sangat rendah. *Bias score* untuk seluruh wilayah di Indonesia mempunyai rata-rata sebesar 0,821 nilai tersebut masih tergolong baik.



**Gambar 4.16** Nilai *False Alarm Ratio* Setiap Lokasi Pengamatan BMKG Pada Kondisi Curah Hujan Ekstrem

Semakin besar nilai FAR ditandai dengan semakin besarnya bulatan warna merah dan didapatkan nilai rata-rata sebesar 0,931 artinya masih kurang baik karena nilai sempurna akan mendakati nilai 0. FAR merupakan perbandingan *false alarm* terhadap jumlah hari yang diprediksi terjadi curah hujan ekstrem.

#### 4.2.2 Verifikasi Kriteria Hujan Lebat

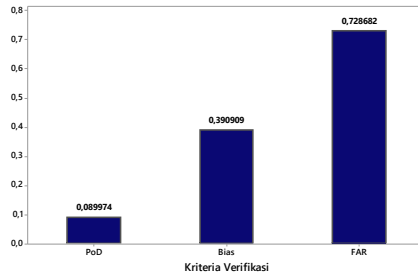
Curah hujan yang bernilai lebih dari 50 mm/hari dikatakan dapat menyebabkan hujan lebat, sehingga setiap wilayah di Indonesia yang memiliki curah hujan harian yang lebih besar dari 50 mm/hari akan cenderung mengalami hujan lebat. Berikut merupakan tabel dikotomus perbandingan data TRMM dan lapangan BMKG untuk lokasi pengamatan di daerah Kota Batam.

**Tabel 4.2** Kontingensi Untuk Kota Batam Pada Kondisi Hujan Lebat (hari)

TRMM	Pengamatan Lapangan BMKG		Total
	Hujan Lebat	Tidak Lebat	
Hujan Lebat	35	94	129
Tidak Lebat	295	6516	6811
Total	330	6610	6940

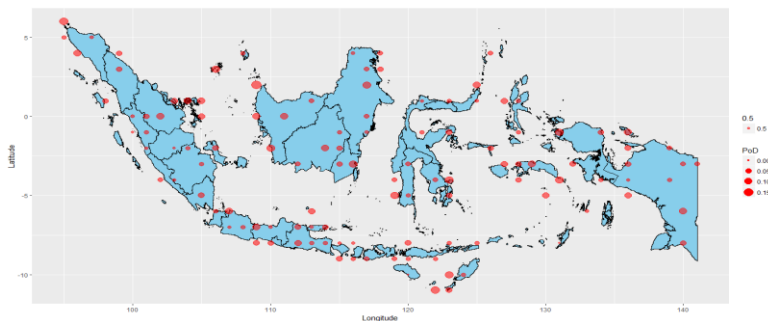
Tabel 4.2 merupakan tabel kontingensi untuk lokasi pengamatan di Kota Batam pada kriteria hujan lebat. Selama 1 Januari 1998 hingga 31 Desember 2016 pada lokasi ini mengalami hujan lebat sebanyak 330 hari berdasarkan pengamatan lapangan,

dan sebanyak 129 hari berdasarkan data TRMM. Berdasarkan Tabel 4.2 didapatkan nilai verifikasi untuk *bias score*, PoD, dan FAR sebagai berikut.

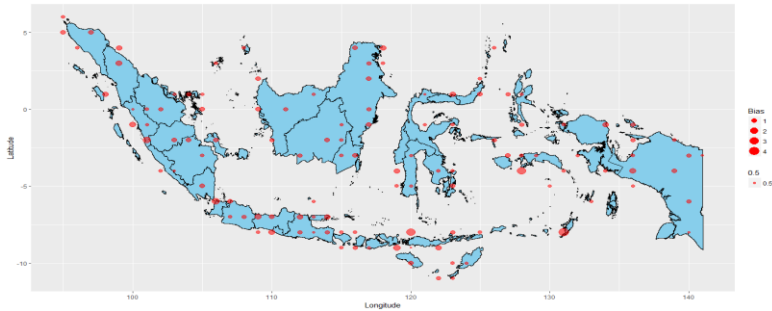


**Gambar 4.17** Nilai Verifikasi Kondisi Hujan Lebat Data TRMM Terhadap Data Pengamatan Lapangan BMKG Lokasi Kota Batam

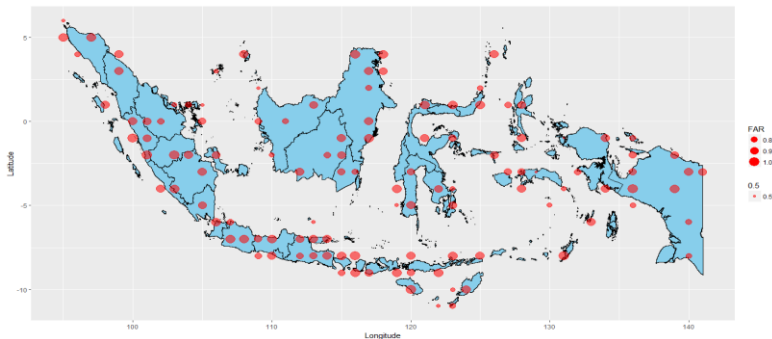
Diperoleh nilai PoD sebesar 0,090 dimana semakin mendekati nilai 1 maka akan semakin baik, sehingga dapat dijelaskan bahwa pada lokasi ini satelit TRMM dapat memprediksi terjadinya curah hujan yang mengakibatkan hujan lebat dipermukaan sebesar 9,0%. Nilai *bias score* akan semakin baik ketika mendekati nilai 1, dimana pada lokasi ini memiliki nilai *bias score* sebesar 0,393. Sedangkan nilai FAR akan semakin baik saat mendekati nilai 0, dimana pada lokasi ini diperoleh nilai FAR sebesar 0,728 artinya tingkat kesalahan dalam memprediksi hujan lebat di permukaan untuk satelit TRMM sebesar 72,8%.



**Gambar 4.18** Nilai *Probability of Detection* Setiap Lokasi Pengamatan BMKG Pada Kondisi Hujan Lebat



**Gambar 4.19** Bias Score Setiap Lokasi Pengamatan BMKG Pada Kondisi Hujan Lebat



**Gambar 4.20** False Alarm Setiap Lokasi Pengamatan BMKG Pada Kondisi Hujan Lebat

Pada Gambar 4.18 – 4.19 merupakan nilai PoD, *bias*, dan FAR setiap lokasi pengamatan lapangan BMKG. Rata-rata nilai PoD untuk seluruh lokasi pengamatan BMKG adalah sebesar 0,051 dimana nilai tersebut sangat rendah dan hampir mendekati nilai 0, artinya performa satelit TRMM dalam mendeteksi keadaan hujan lebat di permukaan sangat rendah. *Bias score* untuk seluruh wilayah di Indonesia mempunyai rata-rata sebesar 0,790. Nilai tersebut masih tergolong baik sedangkan untuk rata-rata nilai *false alarm ratio* adalah sebesar 0,881 artinya masih kurang baik dimana nilai sempurna akan mendakati nilai 0. FAR merupakan perbandingan *false alarm* terhadap jumlah hari yang diprediksi terjadi hujan lebat.

#### 4.2.3 Kriteria Keباikan *R-Square* dan MAE

Selain melihat kriteria kebaikan data TRRM berdasarkan data curah hujan ekstrim dan hujan lebat, dilakukan analisis untuk melihat seberapa baik data TRMM digunakan menggunakan nilai *r-square* dan MAE. Nilai *r-square* dan MAE pada setiap lokasi pengamatan BMKG ditampilkan pada Lampiran 14, *summary* untuk dilai *r-square* dan MAE ditampilkan pada Tabel 4.3.

**Tabel 4.3** *Summary R-Square* dan MAE untuk Keباikan Data TRMM

Kriteria	Mean	Standar Deviasi	Minimum	Maksimum
<i>R-square</i>	0,471	0,402	0,002	0,151
MAE	9,514	2,761	3,796	17,020

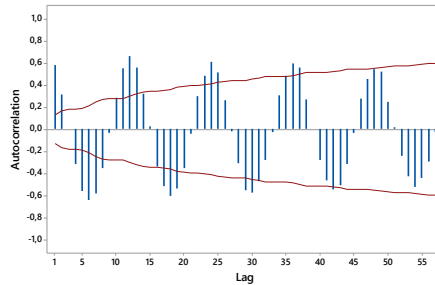
Berdasarkan Tabel 4.3 dapat diketahui bahwa rata-rata seluruh lokasi di Indonesia untuk peforma kebaikan data TRMM untuk memprediksi data curah hujan lapangan hanya sebesar 4,71% dan nilai determinasi tertinggi sebesar 15,14%. Sedangkan untuk kriteria MAE rata-rata sebesar 9,514 mm/hari, artinya rata-rata *error* antara data TRMM dan lapangan BMKG sebesar 9,514 mm/hari. Rata-rata *error* tertinggi adalah sebesar 17,02 mm/hari dan terendah adalah sebesar 3,80 mm/hari.

#### 4.3 Pengujian Autokorelasi Temporal Pada Data Curah Hujan TRMM

Pengujian autokorelasi temporal dilakukan untuk mengetahui data pengamatan curah hujan setiap bulan saling berhubungan. Pengujian ini dilakukan menggunakan nilai ACF (*Autocorrelation Function*), dimana terjadi autokorelasi saat terdapat *lag* (nilai ACF) keluar dari batas signifikansi. Pengujian ini merupakan hal yang utama, karena sebagai landasan untuk melakukan *cluster* dengan jarak *timeseries*. Pengujian dilakukan dengan mengambil sampel satu titik observasi setiap zona musim, sampel yang diambil adalah untuk Kab. Bondowoso, Raja Ampat dan Berau. Berikut hasil pengecekan autokorelasi menggunakan plot ACF.

### 4.3.1 Zona Musim 1

Zona musim 1 diwakili oleh Kab. Bondowoso, dimana plot ACF ditampilkan pada Gambar 4.21.



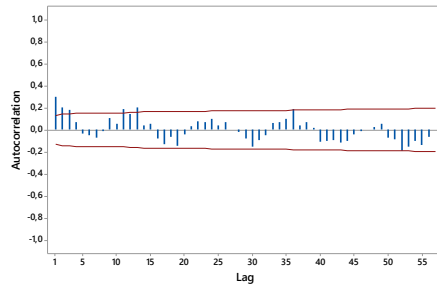
**Gambar 4.21** ACF Data Curah Hujan TRMM di Kab. Bondowoso

Gambar 4.21 menunjukkan bahwa plot ACF untuk data curah hujan di Kab. Bondowoso, dimana pada gambar terlihat ada beberapa *lag* yang signifikan dengan menggunakan  $\alpha$  sebesar 5%. *Lag* signifikan ditandai dengan keluarnya nilai ACF dari batas signifikan. Salah satu *lag* yang keluar dari batas adalah *lag* 1 dimana memiliki nilai sebesar 0,583 dan batas signifikansi sebesar 0,126. Minimal terdapat 1 *lag* yang keluar batas signifikansi sehingga dapat dijelaskan bahwa data curah hujan di Kab. Bondowoso memiliki autokorelasi temporal.

### 4.3.2 Zona Musim 2

Pengujian autokorelasi untuk zona 2 diwakili oleh lokasi Kab. Raja Ampat dimana plot ACF dapat dilihat pada Gambar 4.22. Berdasarkan plot ACF dapat diketahui bahwa terdapat beberapa *lag* yang signifikan, salah satunya adalah *lag* 1 dimana memiliki nilai ACF sebesar 0,300 artinya bahwa data curah hujan waktu ke  $t$  dipengaruhi oleh waktu ke  $t-1$  pada lokasi ini. Sehingga dapat disimpulkan bahwa data curah hujan di Kab. Raja Ampat memiliki efek temporal dan dapat digeneralisasi untuk keseluruhan wilayah pada zona 2.

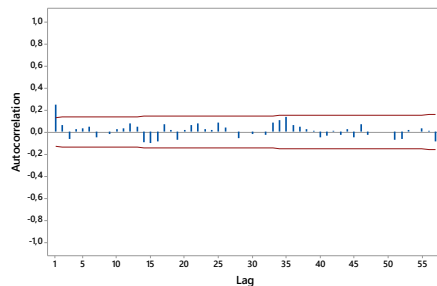




**Gambar 4.22** ACF Data Curah Hujan TRMM di Kab. Raja Ampat

### 4.3.3 Zona Musim 3

Pada zona musim 3 pengujian autokorelasi temporal diambil sampel untuk lokasi di Kab. Berau, dimana hasil plot ACF dapat dilihat pada Gambar 4.23. Hasil yang didapatkan adalah hanya ada satu *lag* yang signifikan yaitu pada lag ke-1 dimana hal tersebut menandakan bahwa pada data curah hujan bulan ke  $t$  akan dipengaruhi oleh data curah hujan bulan ke  $t-1$ . Nilai ACF yang didapatkan sebesar 0,245 dengan batas signifikansi sebesar  $\pm 0,126$ . Sehingga dapat dijelaskan dan disimpulkan bahwa data TRRM pada lokasi ini mempunyai efek temporal, dan dapat digeneralisasi pada lokasi lain yang masih masuk dalam zona 3, berikut plot ACF pada Kab. Berau.



**Gambar 4.23** ACF Data Curah Hujan TRMM di Kab. Berau

#### 4.4 Pengelompokan Zona Musim di Indonesia

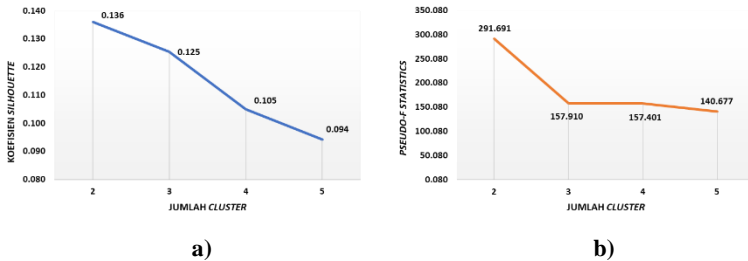
Pada penelitian pengelompokan zona musim setiap wilayah di Indonesia dilakukan dengan menggunakan analisis *cluster*. Pengelompokan dilakukan dengan mempertimbangkan tipe *timeseries* data dan tidak. Metode *cluster* yang digunakan adalah complete linkage dengan jarak *euclidean* untuk *cluster* tanpa memperhatikan tipe data curah hujan yang bersifat *timeseries*. Sedangkan *timeseries based clustering* menggunakan jarak *dynamic time warping* (DTW) dan *autocorrelation function* (ACF). Pengelompokan dilakukan dengan data rata-rata curah hujan harian dan data rata-rata curah hujan bulanan. Berikut merupakan hasil analisis *cluster* untuk zona musim di Indonesia:

##### 4.4.1 Data Curah Hujan Rata-rata Harian

Pengelompokan zona musim dilakukan dengan menggunakan data rata-rata harian yang dikumulatikan perbulan, sehingga secara keseluruhan terdapat 240 bulan/variabel yang digunakan dalam pengelompokan. Pengelompokan dilakukan dengan menggunakan jarak *euclidean*, ACF, dan DTW dengan simulasi jumlah kelompok antara 2 hingga 5. Berikut merupakan hasil pengelompokan yang terbentuk pada data curah hujan rata-rata harian:

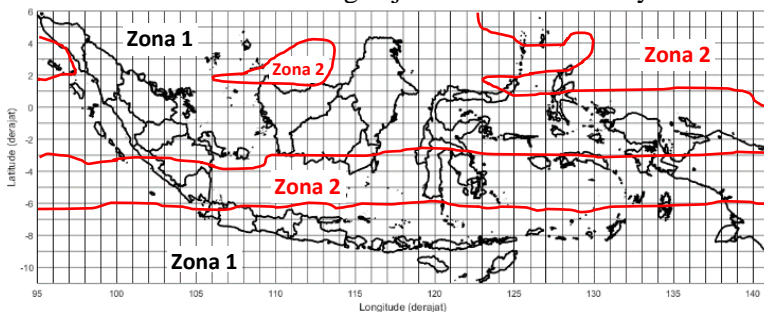
##### A. Metode Complete Linkage dengan Jarak Euclidean

Pengelompokan zona musim dilakukan menggunakan jarak *Euclidean*, dimana pada jarak tersebut tidak memperhatikan efek *timeseries* data. *Clustering* dilakukan dengan metode hirarki dengan penentuan jumlah *cluster* sebanyak 2 hingga 5 kelompok. Nilai koefisien *silhouette* pada setiap jumlah *cluster* dapat dilihat pada Gambar 4.24. Berdasarkan grafik pada Gambar 4.24 didapatkan hasil bahwa jumlah *cluster* optimal berdasarkan nilai *silhouette* dan *pseudo-f statistics* adalah sebanyak 2 kelompok atau zona musim di Indonesia. Dimana nilai *silhouette* tertinggi sebesar 0,136 dan *pseudo-f statistics* 291,691. Perbandingan kriteria kebaikan pengelompokan untuk setiap *cluster* berdasarkan nilai *silhouette* dan *pseudo-f statistics* ditampilkan pada Gambar 4.24.



**Gambar 4.24** (a) Koefisien *Silhouette* dan (b) Nilai *Pseudo-f Statistics* Hasil Pengelompokan Pada Jarak *Euclidean*

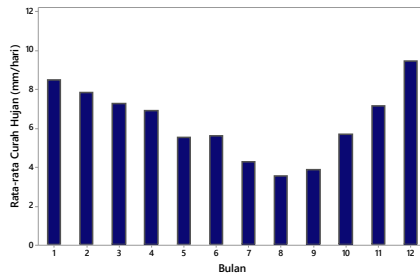
Berdasarkan Gambar 4.24 (a) dan (b) dapat dilihat bahwa semakin banyak jumlah kelompok atau zona musim maka nilai koefisien *silhouette* dan *pseudo-f statistics* semakin rendah. Sehingga, hal tersebut mengindikasikan bahwa semakin banyak jumlah kelompok yang terbentuk maka hasil pengelompokan kurang optimal. Dengan membentuk zona musim sebanyak 2 didapatkan hasil koefisien *silhouette* sebesar 0,136, berdasarkan kriteria pada Tabel 2.2 dapat disebutkan bahwa pengelompokan zona musim dengan membentuk 2 zona pada jarak *euclidean* tersebut masih kurang baik. Pada Gambar 4.25 berikut merupakan peta pembagian zona musim di Indonesia dengan jumlah *cluster* sebanyak dua.



**Gambar 4.25** Pengelompokan Zona Musim Menggunakan Jarak *Euclidean*

Berdasarkan Gambar 4.25 di atas, terlihat bahwa pembagian antara zona 1 dan zona 2 menyebar di wilayah Indonesia. Pada Pulau Kalimantan sebagian besar wilayahnya berada pada zona 1 namun beberapa wilayah di Kalimantan Selatan dan Kalimantan Utara

berada pada kelompok 2. Sebagian besar wilayah di Pulau Jawa, Bali, NTT, dan NTB berada pada kelompok 1. Sedangkan pada Pulau Sumatera, Sulawesi, dan Papua sebagian besar wilayahnya berada pada kelompok 2. Dilakukan analisis untuk melihat karakteristik curah hujan setiap zona yang terbentuk. Karakteristik zona dilihat berdasarkan rata-rata curah hujan setiap bulan, sehingga dapat diprediksi terjadinya musim hujan dan kemarau selama setahun. Prediksi hujan didasarkan berdasarkan rata-rata curah hujan tertinggi, pada Gambar 4.26 ditampilkan pola curah hujan zona 1.

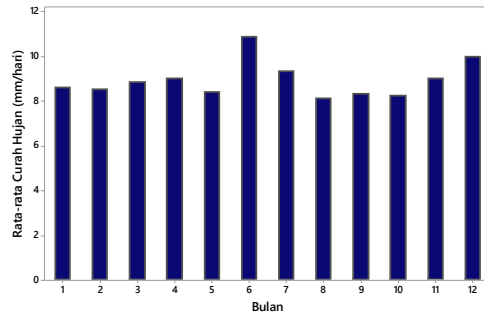


**Gambar 4.26** Pola Curah Hujan Zona 1 Pada *Cluster* Menggunakan Jarak *Euclidean*

Pola curah hujan yang terbentuk untuk zona 1 adalah berbentuk U artinya memiliki tipe zona *monsoon* hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Aldrian (2013). Tipe zona musim ini akan mengalami musim hujan diawal dan akhir tahun dengan puncak musim hujan di bulan Januari dan Desember. Sedangkan, musim kemarau di prediksi pada pertengahan bulan yaitu sekitar bulan Mei. Karakteristik curah hujan pada zona 2 ditampilkan pada Gambar 4.27.

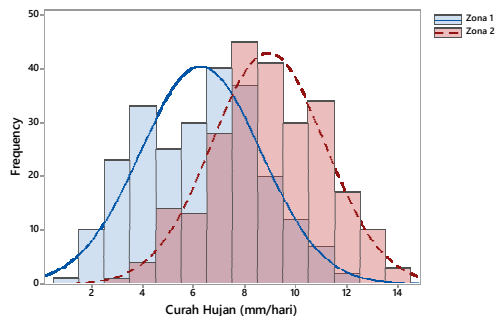
Zona musim kedua memiliki tipe kebalikan dari zona musim 1 (tipe *monsoon*) artinya pada zona ini memiliki musim penghujan di pertengahan tahun. Pucak musim penghujan berada pada bulan Juni. Sedangkan, musim kemarau diprediksi akan terjadi pada awal dan akhir tahun. Kecenderungan rata-rata curah hujan setiap

bulannya pada zona ini. Pola curah hujan setiap bulan dalam setahun untuk zona musim 2 dapat ditampilkan pada Gambar 4.27.



**Gambar 4.27** Pola Curah Hujan Zona 2 Pada *Cluster* Menggunakan Jarak *Euclidean*

Perbandingan curah hujan pada setiap zona, yang meliputi tinggi rendahnya curah hujan dapat dilihat berdasarkan histogram setiap zona pada gambar 4.28.



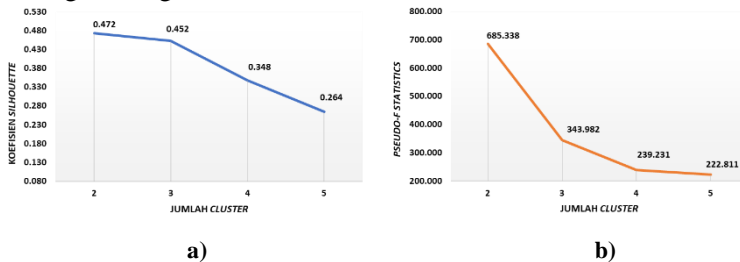
**Gambar 4.28** Perbandingan Curah Hujan Pada Zona 1 dan Zona 2 Pada *Cluster* Dengan Jarak *Euclidean*

Berdasarkan histogram Gambar 4.23 dapat diketahui bahwa rata-rata curah hujan antara zona 1 dan 2 memiliki perbedaan, dan antara kedua zona memiliki variabilitas yang sama hal tersebut dilihat pada range histogram yang sama. Rata-rata curah hujan bulanan antara zona 1 memiliki nilai yang lebih kecil jika

dibandingkan dengan zona 2 hal tersebut dapat dilihat dari histogram pada zona 1 berada lebih kekiri. Untuk melihat apakah ada perbedaan antara kedua zona maka dilakukan uji t untuk melihat seberapa besar perbedaan antar setiap zona. Perhitungan uji t dihasilkan nilai *p-value* sebesar 0,000 artinya ada perbedaan rata-rata curah hujan setiap hasil pengelompokan zona musim menggunakan jarak *euclidean*.

## B. Metode Complete Linkage dengan Jarak ACF

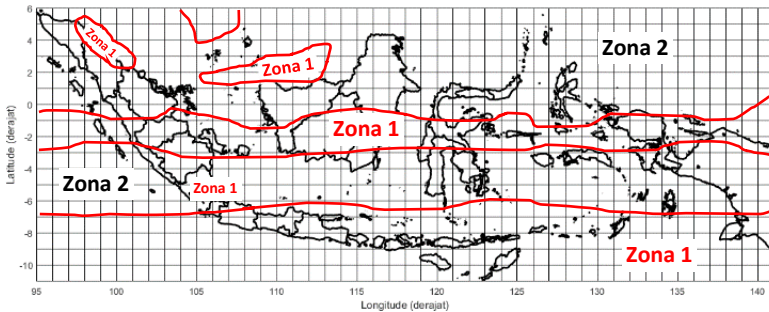
*Clustering* dilakukan dengan metode hirarki dengan penentuan jumlah *cluster* sebanyak 2 hingga 5 kelompok. Pada sub bab ini merupakan hasil analisis pembagian zona musim berdasarkan *cluster* dengan jarak ACF. Pembentukan zona musim dilakukan dengan jumlah antara 2 zona hingga 5 zona, selanjutnya dilihat berdasarkan nilai kriteria *silhouette* dan *pseudo-f statistics*. Gambar 4.29 merupakan hasil perbandingan nilai *silhouette* pada masing-masing *cluster*.



**Gambar 4.29** (a) Koefisien *Silhouette* dan (b) Nilai *Pseudo-f Statistics* Hasil Pengelompokan Pada Jarak ACF

Berdasarkan Gambar 4.29 (a) dan (b) didapatkan hasil bahwa jumlah *cluster* optimal berdasarkan nilai *silhouette* dan *pseudo-f statistics* adalah sebanyak 2 zona musim. Semakin banyak pembentukan zona musim maka didapatkan nilai *silhouette* maupun *pseudo-f statistics* semakin kecil sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin banyak zona yang terbentuk maka pengelompokan semakin tidak optimal. Nilai maupun *pseudo-f statistics* terbesar adalah 685,338 dan terkecil sebesar 222,811. Perhitungan nilai *pseudo-f statistics* sesuai pada persamaan 2.16.

Nilai optimal *silhouette* adalah sebesar sebesar 0,47. Nilai tersebut berdasarkan kriteria kebaikan pengelompokan oleh Kauffman dan Rousseeuw (1990) dapat dikatakan sudah baik. Peta pembagian 2 kelompok ditampilkan pada Gambar 4.30.

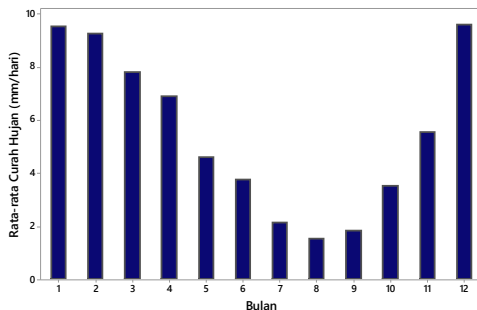


**Gambar 4.30** Pengelompokan Zona Musim Menggunakan Jarak ACF

Berdasarkan Gambar 4.30 di atas, terlihat bahwa pembagian zona 1 dan zona 2 menyebar di seluruh wilayah Indonesia, namun sebagian besar wilayah Indonesia yang berada pada zona 2 merupakan wilayah Indonesia bagian utara, sedangkan zona 1 terdiri dari wilayah Indonesia bagian selatan. Terdapat beberapa wilayah Indonesia bagian utara yang masuk ke dalam zona 1 yaitu diantaranya Kalimantan Tengah, Jambi, dan Sulawesi Tengah. Zona 1 ditandai dengan lokasi berwarna merah sedangkan untuk zona 2 dengan warna hitam. Karakteristik setiap zona musim perlu dilakukan untuk mengetahui bagaimana pola curah hujan setiap tahunnya sehingga dapat diketahui kecenderungan musim hujan atau kemarau terjadi pada bulan apa. Prediksi akan terjadinya musim hujan dilihat berdasarkan rata-rata curah hujan tertinggi pada setiap bulannya.

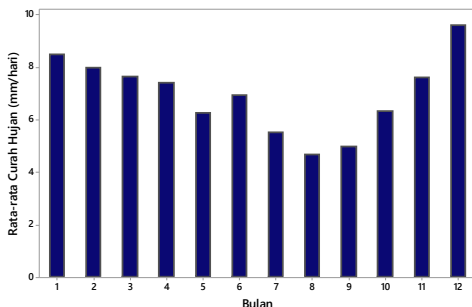
Pola zona musim pada zona 1 diketahui mempunyai bentuk pola U dimana hal tersebut sesuai dengan pembagian zona yang dilakukan oleh Aldrian. Pola U disebutkan memiliki pola zona *monsoon*, musim hujan terjadi diawal dan akhir tahun. Puncak musim hujan berada di bulan Desember hingga bulan Februari, sedangkan musim kemarau berada di bulan Juli hingga Agustus. Pada region ini mempunyai kecenderungan mengalami musim

kemarau yang lebih sering jika dibandingkan dengan daerah lain di Indonesia. Gambar 4.31 merupakan pola curah hujan untuk zona 1 di Indonesia.



**Gambar 4.31** Pola Curah Hujan Zona 1 Pada *Cluster* Dengan Jarak ACF

Pola musim pada wilayah di Indonesia pada zona 2 dapat ditampilkan pada gambar 4.32.

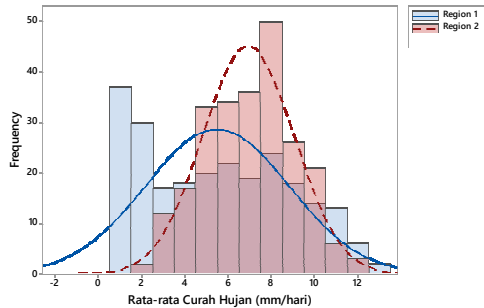


**Gambar 4.32** Pola Curah Hujan Zona 2 Pada *Cluster* Dengan Jarak ACF

Berdasarkan Gambar 4.32 dapat diketahui bahwa pola curah hujan pada zona 2 berdasarkan hasil *cluster* jarak ACF diketahui membentuk pola, dimana pada bulan Januari hingga Juni curah hujan cenderung stabil sedangkan pada bulan Juli hingga September curah hujan cenderung turun. Pada bulan Oktober hingga Desember pada region ini curah hujan kembali tinggi dengan puncak berada pada bulan Desember. Region ini memiliki



jumlah bulan kering yang sedikit, artinya rata-rata pada daerah ini cenderung mengalami musim hujan lebih lama dibandingkan dengan daerah lain. Bulan yang diprediksi terjadi musim kemarau pada region ini adalah bulan Agustus hingga Oktober dimana puncaknya berada di bulan Agustus. Perbandingan antara setiap region ditampilkan pada Gambar 4.33.



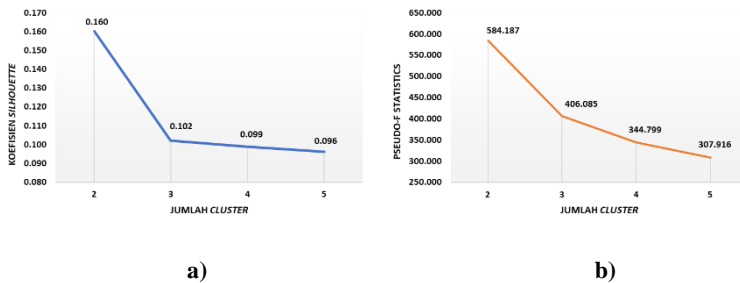
**Gambar 4.33** Perbandingan Curah Hujan Pada Zona 1 dan Zona 2 Pada *Cluster* Dengan Jarak ACF

Berdasarkan histogram Gambar 4.33 dapat diketahui bahwa rata-rata curah hujan antara zona 1 dan 2 memiliki perbedaan, dimana pada zona 1 curah hujan cenderung stabil karena memiliki variabilitas yang rendah dibandingkan dengan zona 2. Jika dilihat dari rata-rata curah hujan antara kedua region didapatkan bahwa curah hujan pada zona 2 cenderung lebih tinggi, artinya pada daerah ini memiliki musim penghujan yang lebih sering dibandingkan dengan daerah lain. Untuk melihat apakah ada perbedaan antara kedua zona maka dilakukan uji t untuk melihat seberapa besar perbedaan antar setiap zona. Perhitungan uji t dihasilkan nilai *p-value* sebesar 0,000 artinya ada perbedaan rata-rata curah hujan setiap hasil pengelompokan zona musim menggunakan jarak ACF.

### C. Metode *Complete Linkage* dengan Jarak DTW

*Clustering* dilakukan dengan metode hirarki dengan penentuan jumlah *cluster* sebanyak 2 hingga 5 kelompok. Pada sub

bab ini merupakan hasil analisis pembagian zona musim berdasarkan *cluster* dengan jarak DTW. Data yang digunakan pada metode ini adalah data curah hujan dengan resolusi 0,5 derajat sehingga secara keseluruhan terdapat 3.255 lokasi. Pembentukan zona musim dilakukan dengan jumlah antara 2 zona hingga 5 zona, selanjutnya dilihat berdasarkan nilai kriteria *silhouette* dan *pseudo-f statistics*. Hasil perbandingan nilai *silhouette* dan *pseudo-f statistics* pada masing-masing jumlah *cluster* ditampilkan pada Gambar 4.34.

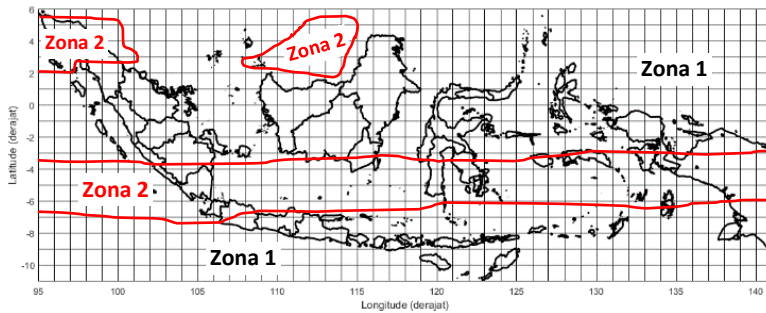


**Gambar 4.34 (a) Koefisien *Silhouette* dan (b) Nilai *Pseudo-f Statistics* Hasil Pengelompokan Pada Jarak DTW**

Berdasarkan Gambar 4.34 (a) dan (b) dapat dilihat bahwa semakin banyak jumlah kelompok atau zona musim maka nilai koefisien *silhouette* dan *pseudo-f statistics* semakin rendah pada pengelompokan menggunakan jarak DTW. Sehingga, hal tersebut mengindikasikan bahwa semakin banyak jumlah kelompok yang terbentuk maka hasil pengelompokan kurang optimal. Dengan membentuk zona musim sebanyak 2 didapatkan hasil koefisien *silhouette* sebesar 0,160 dan *pseudo-f* sebesar 584,187. Berdasarkan kriteria kebaikan peneglompokan oleh Kauffman dan Rousseeuw (1990) pada Tabel 2.2 dapat disebutkan bahwa pengelompokan zona musim dengan membentuk 2 zona pada jarak DTW tersebut masih kurang baik.

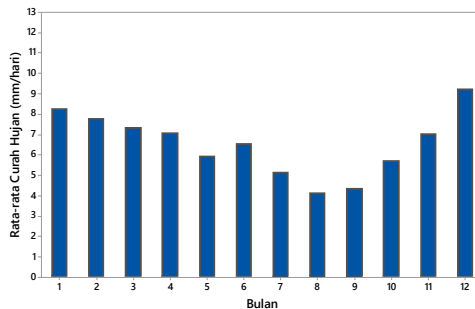
Berdasarkan Gambar 4.35 dapat diketahui bahwa paling banyak wilayah di Indonesia masuk kedalam zona 1, hal tersebut didasarkan pada jarak pengelompokan DTW. Wilayah di Indonesia yang masuk kedalam zona 2 berada di antara -7 hingga -4 LS.

Wilayah Indonesia yang mempunyai zona musim 1 dipengaruhi oleh musim monsoon Australia.



**Gambar 4.35** Pengelompokan Zona Musim Menggunakan Jarak DTW

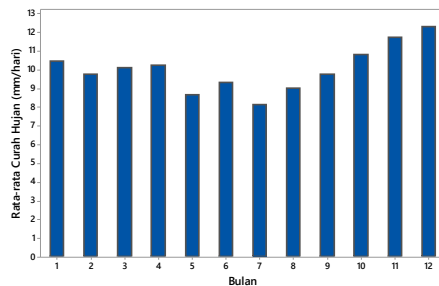
Berdasarkan Gambar 4.2 musim kemarau bergerak dari Indonesia bagian selatan yang dipengaruhi oleh *monsoon* Australia hal inilah yang mempengaruhi hasil pengelompokan zona musim pada jarak DTW. Berikut karakteristik pola curah hujan tahunan pada setiap zona:



**Gambar 4.36** Pola Curah Hujan Zona 1 Pada Cluster Dengan Jarak DTW

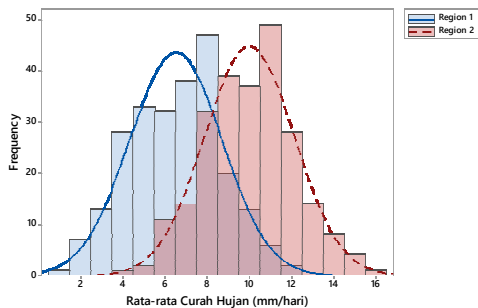
Gambar 4.36 menunjukkan pola curah hujan pada zona 1 dimana pada zona ini memiliki tipe U, atau *monsoon*. Tipe zona musim ini akan mengalami musim hujan diawal dan akhir tahun dengan puncak musim hujan di bulan Januari dan Desember. Sedangkan, musim kemarau diprediksi pada pertengahan bulan yaitu sekitar bulan Mei. Puncak musim kemarau diprediksi akan

terjadi di bulan Agustus dan September hal ini dilihat berdasarkan nilai curah hujan yang terendah. Pada bulan Januari hingga April nilai curah hujan cenderung stabil dan pada bulan ini akan terjadi musim penghujan. Karakteristik curah hujan bulanan pada zona 2 dapat dilihat pada Gambar 4.37. Pola curah hujan zona 2 hampir sama seperti pola U (zona 1), namun pada awal bulan curah hujan cenderung stabil dan selanjutnya akan semakin tinggi. Puncak tertinggi curah hujan pada zona ini adalah pada bulan Desember. Curah hujan pada zona ini cenderung stabil bila dibandingkan dengan zona 1.



**Gambar 4.37** Pola Curah Hujan Zona 2 Pada *Cluster* Dengan Jarak DTW

Dilakukan perbandingan data curah hujan pada hasil pengelompokan zona 1 dan zona 2 berdasarkan histogram, untuk melihat perbedaan antara kedua zona. Pada Gambar 4.38 merupakan perbandingan pola data pada zona 1 dan zona 2.



**Gambar 4.38** Perbandingan Curah Hujan Pada Zona 1 dan Zona 2 Pada *Cluster* Dengan Jarak *Euclidean*

Histogram pada Gambar 4.38 menunjukkan bahwa rata-rata curah hujan antara zona 1 dan 2 memiliki perbedaan, dan antara kedua zona memiliki variabilitas yang sama hal tersebut dilihat pada range histogram yang sama. Rata-rata curah hujan bulanan antara zona 1 memiliki nilai yang lebih rendah jika dibandingkan dengan zona 2 hal tersebut dapat dilihat dari histogram pada zona 1 berada lebih ke kiri. Untuk melihat apakah ada perbedaan antara kedua zona maka dilakukan uji t untuk melihat seberapa besar perbedaan antar setiap zona. Perhitungan uji t dihasilkan nilai *p-value* sebesar 0,000 artinya ada perbedaan rata-rata curah hujan setiap hasil pengelompokan zona musim menggunakan jarak DTW dengan rata-rata perbedaan sebesar 3.842 mm/hari.

#### 4.4.2 Data Curah Hujan Rata-rata Bulanan

Pengelompokan zona musim di Indonesia juga menggunakan data rata-rata bulanan dimana terdapat 12 variabel atau series data pada setiap observasi. Pada pengelompokan ini dilakukan simulasi untuk jumlah kelompok 2 dan 3 saja, karena pada pengelompokan sebelumnya pada sub bab 4.4.1 didapatkan kelompok optimum 2 dan 3. Berikut merupakan pengelompokan zona musim di Indonesia dengan jarak *euclidean*, ACF, dan DTW:

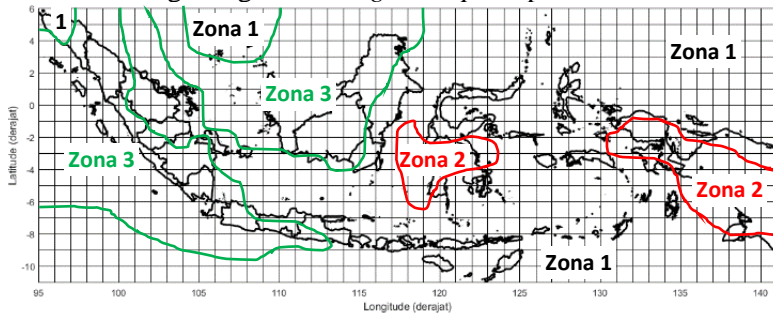
##### A. Metode Complete Linkage dengan Jarak Euclidean

*Cluster* dilakukan terhadap 12.765 lokasi, dimana dilakukan pengelompokan dengan jumlah kelompok 2 dan 3. Penentuan kelompok optimum berdasarkan nilai *pseudo-f statistics* terbesar. Zona musim yang terbentuk akan dibandingkan berdasarkan hasil pengelompokan oleh Edwin pada tahun 2003, dimana pada penelitian tersebut terbentuk 3 kelompok. Hasil perbandingan nilai *pseudo-f statistics* ditampilkan pada Tabel 4.4.

**Tabel 4.4** Perbandingan Koefisien *Silhouette* dan *Pseudo-f Statistics* Pada Jarak *Euclidean*

Jumlah Cluster	Koefisien <i>Silhouette</i>	<i>Pseudo-f Statistics</i>
2 Zona	0,371	2242,685
3 Zona	0,495	2600,331

Nilai *pseudo-f statistics* untuk 3 kelompok atau zona mendapatkan nilai yang tertinggi yaitu sebesar 2600,331 yang mengacu Tabel 4.5. Sehingga dengan membentuk 3 zona musim pengelompokan zona musim berdasarkan data curah hujan sudah optimal. Namun, jika dilihat dari *silhouette* pengelompokan dengan 3 kelompok mempunyai performansi yang masih rendah. Pemetaan untuk wilayah di Indonesia berdasarkan hasil pengelompokan jarak *euclidean* dengan algoritma *single complete* pada Gambar 4.29.

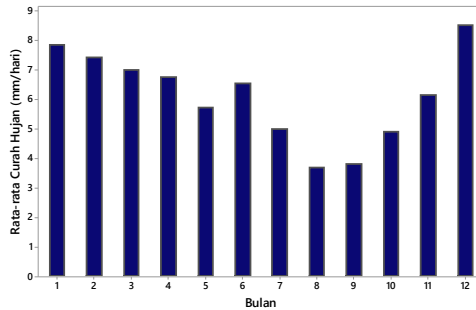


**Gambar 4.39** Pengelompokan Zona Musim Menggunakan Jarak *Euclidean*

Pemetaan untuk zona musim di Indonesia pada data rata-rata curah hujan bulanan di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 4.39. Zona 1 merupakan zona yang paling dominan, dimana hal tersebut ditandai dengan banyaknya wilayah di Indonesia pada zona tersebut, sedangkan zona 2 merupakan zona yang memiliki wilayah paling sedikit. Zona 1 meliputi Jawa Timur, Bali, Nusa Tenggara, sebagian Sulawesi, Riau, Sumatera Selatan, Aceh, seluruh wilayah Maluku, sebagian wilayah Kalimantan Timur dan Kalimantan Selatan. Wilayah-wilayah yang masuk dalam zona 2 diantaranya adalah sebagian wilayah Sulawesi dan Papua. Zona 3 merupakan zona yang terdiri dari wilayah Indonesia bagian barat yang meliputi sebagian besar wilayah di Sumatera, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jakarta, Banten, Yogyakarta, serta bagian Kalimantan sebelah utara.

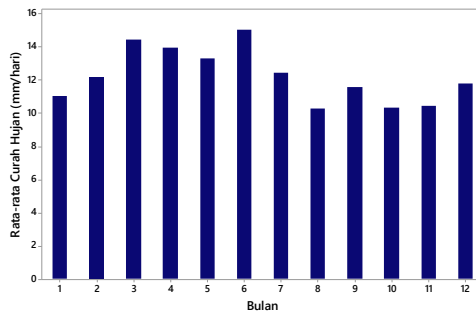
Pola curah hujan setiap zona yang terbentuk dapat dilihat berdasarkan rata-rata curah hujan pada setiap bulannya. Rata-rata curah hujan bulanan dapat menggambarkan bagaimana kondisi

pada pada daerah tersebut, meliputi terjadinya hujan atau tidak. Perbandingan pola curah hujan pada setiap musim ditampilkan pada Gambar 4.40 – 4.42.



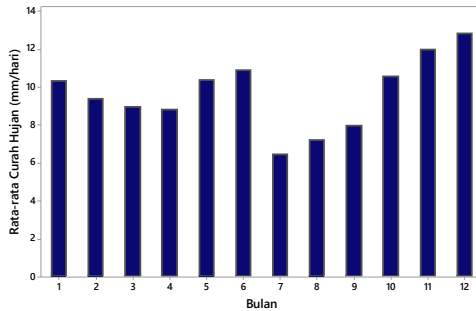
**Gambar 4.40** Pola Curah Hujan Zona 1 Pada *Cluster* Menggunakan Jarak *Euclidean*

Pola curah hujan pada zona 1 ditampilkan pada Gambar 4.40, dimana berdasarkan pola tersebut zona 1 mempunyai tipe *monsoon* atau berbentuk U. Wilayah yang berada pada zona ini diprediksi mengalami musim penghujan di awal dan akhir tahun, hal tersebut ditandai pada awal dan akhir bulan memiliki curah hujan tertinggi. Sedangkan musim kemarau terjadi pada pertengahan tahun yaitu sekitar bulan Mei hingga Oktober. Dimana, puncak musim penghujan terjadi dibulan Januari dan Desember sedangkan pucak kemarau pada bulan Agustus dan September.



**Gambar 4.41** Pola Curah Hujan Zona 2 Pada *Cluster* Menggunakan Jarak *Euclidean*

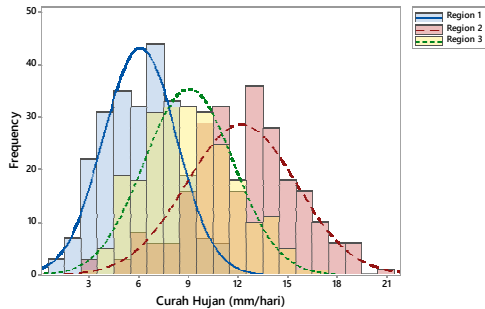
Pada zona 2 memiliki tipe kebalikan dari zona 1 atau sering disebut anti *monsoon*. Pada zona ini musim penghujan akan terjadi pada pertengahan tahun yang dimulai pada bulan Maret hingga Juli. Sedangkan curah hujan terendah berada pada awal dan akhir setiap tahunnya. Pola curah hujan untuk zona 3 ditampilkan pada Gambar 4.42.



**Gambar 4.42** Pola Curah Hujan Zona 3 Pada *Cluster* Menggunakan Jarak *Euclidean*

Pada Gambar 4.42 dapat terlihat bahwa zona 3 mempunyai 2 puncak tertinggi untuk curah hujan setiap tahunnya. Sehingga, wilayah yang berada pada zona tersebut akan mengalami musim penghujan 2 kali yaitu diawal-akhir, dan pertengahan tahun. Berdasarkan pembagian musim yang dilakukan oleh Edwin zona musim dengan pola demikian disebut zona musim semim *monsoon*. Selanjutnya dilihat untuk histogram ketiga zona musim yang terbentuk untuk melihat perbedaan dari ketiga zona tersebut. Histogram yang terbentuk ditampilkan pada Gambar 4.43. Berdasarkan histogram Gambar 4.43 dapat diketahui bahwa rata-rata curah hujan antara zona 1 dan 2 memiliki perbedaan, zona 1 memiliki rata-rata paling rendah dan yang paling tinggi adalah untuk zona 2. Jika dilihat dari variabilitas curah hujan pada setiap zona, zona 1 memiliki variabilitas yang paling rendah dan zona 2 memiliki variabilitas paling tinggi. Semakin tinggi variabilitas maka curah hujan yang terjadi pada setiap bulannya sangat fluktuatif.





**Gambar 4.43** Perbandingan Curah Hujan Pada Zona 1, Zona 2, dan Zona 3 Pada Cluster Menggunakan Jarak Euclidean

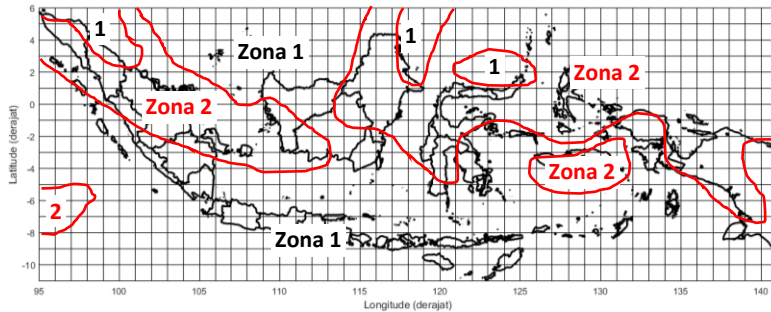
### B. Metode *Complete Linkage* dengan Jarak ACF

Pengelompokan zona musim di Indonesia juga dilakukan dengan jarak ACF. Simulasi pengelompokan dilakukan untuk jumlah kelompok sebanyak 2 dan 3, penentuan kelompok optimum didasarkan pada nilai *silhouette* dan *pseudo-f statistic* tertinggi. Perbandingan kriteria pengelompokan untuk setiap hasil *cluster* ditampilkan pada Tabel 4.5.

**Tabel 4.5** Perbandingan Koefisien *Silhouette* dan *Pseudo-f Statistic* Pada Jarak ACF

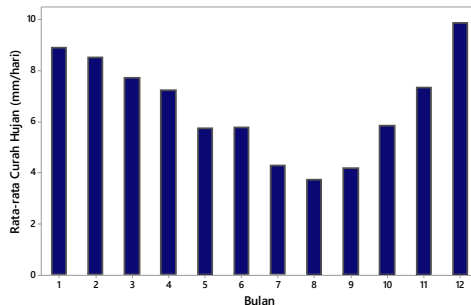
Jumlah Cluster	Koefisien <i>Silhouette</i>	<i>Pseudo-f Statistics</i>
2 Zona	0,371	1224,412
3 Zona	0,300	627,248

Tabel 4.5 menunjukkan bahwa dengan terbentuk 2 zona musim di Indonesia pengelompokan dengan jarak ACF pada data rata-rata agregat bulanan yang paling optimum. Penentuan kriteria optimum berdasarkan nilai koefisien *silhouette* dan *pseudo-f statistics* tertinggi, dimana nilai *silhouette* dan *pseudo-f statistics* berturut-turut sebesar 0,371 dan 1224,412. Berdasarkan kriteria pengelompokan oleh Kauffman dan Rousseeuw (1990) mempunyai performansi yang masih rendah. Pembagian wilayah di Indonesia pada setiap zona musim ditampilkan sebagai berikut ini:



**Gambar 4.44** Pengelompokan Zona Musim Menggunakan Jarak ACF

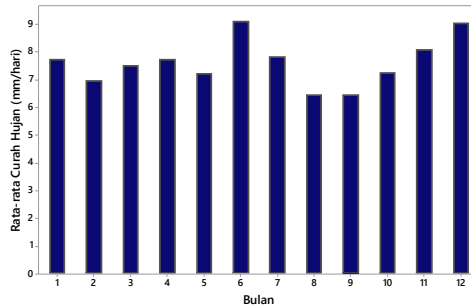
Wilayah di Indonesia sebagian besar masuk pada zona 1 dimana wilayah tersebut adalah seluruh pulau Jawa, Bali, Nusa Tenggara, Lampung, dan sebagian kecil di wilayah Indonesia bagian utara. Zona 2 beranggotakan wilayah-wilayah di Indonesia bagian utara pada garis lintang lebih dari  $-4^{\circ}$ . Jika dilihat berdasarkan pola spasial hasil pengelompokan menggunakan jarak ACF hampir sama seperti pengelompokan oleh Aldrian jika terbentuk 2 kelompok saja. Pola curah hujan pada setiap zona dapat ditampilkan pada Gambar 4.44 dan 4.45. Pola curah hujan dilihat berdasarkan rata-rata curah hujan bulanan setahun pada Gambar 4.45.



**Gambar 4.45** Pola Curah Hujan Zona 1 Pada Cluster Menggunakan Jarak ACF

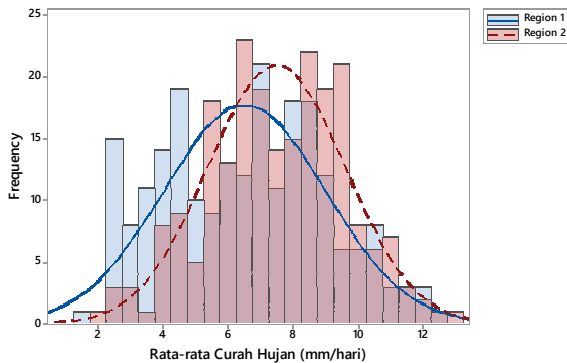
Terlihat bahwa pola curah hujan selama setahun berbentuk huruf U, dimana pola ini disebut juga tipe *monsoon*. Tipe zona *monsoon* akan cenderung mengalami musim penghujan da awal

dan akhir tahun dan puncaknya terjadi pada bulan Desember. Sedangkan, musim kemarau akan terjadi di pertengahan tahun disekitar bulan Mei hingga Oktober. Rata-rata curah hujan terndah pada zona ini terjadi pada bulan Agustus, sehingga diprediksi pada bulan ini merupakan puncak musim kemarau di beberapa wilayah.



**Gambar 4.46** Pola Curah Hujan Zona 2 Pada Cluster Menggunakan Jarak ACF

Pada Gambar 4.46 ditunjukkan pola curah hujan pada zona 2 dimana terlihat bahwa memiliki 2 periode musim penghujan. Zona musim 2 atau sering disebut semi *monsoon* yang memiliki musim penghujan di antara awal dan akhir tahun serta di pertengahan tahun. Jika dilihat berdasarkan pola tersebut dapat diketahui puncak curah hujan tertinggi berada di bulan Juni dan Desember.



**Gambar 4.47** Perbandingan Curah Hujan Pada Zona 1 dan Zona 2 Pada Cluster Menggunakan Jarak Euclidean

Gambar 4.47 dapat menjelaskan bahwa rata-rata curah hujan pada zona 1 lebih rendah dibandingkan zona 2 hal tersebut ditunjukkan bahwa kurva zona 1 lebih ke kiri. Jika dilihat dari fluktuasi curah hujan bulanan zona 1 merupakan zona dengan fluktuasi curah hujan yang tinggi hal tersebut ditunjukkan dari nilai variansi yang tinggi. Berdasarkan pola histogram pada setiap zona diketahui bahwa curah hujan rata-rata setiap zona telah berdistribusi normal sehingga dapat dilakukan uji t untuk melihat apakah terdapat perbedaan *mean* pada setiap bulannya. Hasil pengujian t didapatkan hasil *p-value* sebesar 0,000 sehingga dapat disimpulkan bahwa rata-rata curah hujan pada zona 1 dan zona 2 berbeda signifikan pada taraf  $\alpha$  sebesar 5%. Rata-rata perbedaan curah hujan setiap bulannya berada pada rentang -1,430 mm/hari hingga -0,602 mm/hari. Tanda minus (-) menandakan bahwa rata-rata curah hujan zona 1 lebih rendah.

### C. Metode *Complete Linkage* dengan Jarak DTW

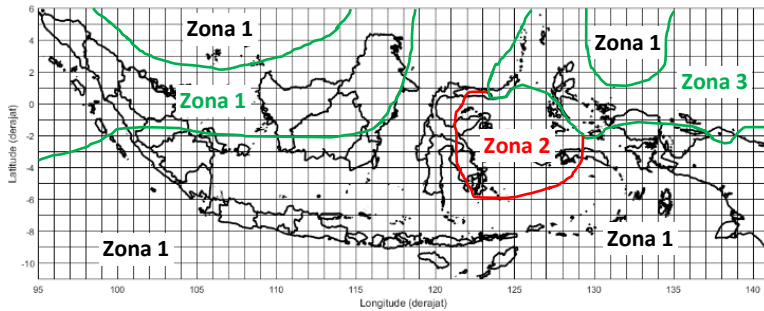
Jarak *dynamic time warping* juga digunakan dalam pengelompokan zona musim di Indonesia. Data yang digunakan adalah data rata-rata agregat bulanan dengan satuan mm/hari. Berbeda dengan jarak ACF dan *euclidean* pada jarak DTW data curah hujan yang digunakan beresolusi 0,5 derajat, hal tersebut dilakukan karena keterbatasan kapasitas dan waktu dalam perhitungan jarak DTW. Pengelompokan dilakukan secara 2 kali, yaitu dengan terbentuk 2 dan 3 kelompok. Pada Tabel 4.6 ditampilkan perbandingan kriteria pengelompokan.

**Tabel 4.6** Perbandingan Koefisien *Silhouette* dan *Pseudo-f Statistic* Pada Jarak DTW

Jumlah Cluster	Koefisien <i>Silhouette</i>	<i>Pseudo-f Statistics</i>
2 Zona	0,194	699,3044
3 Zona	0,275	1185,444

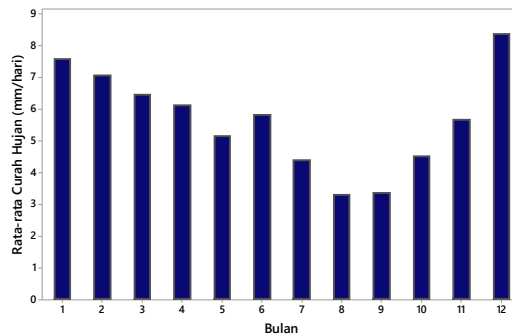
Pada Tabel 4.6 dapat diketahui bahwa jumlah zona musim optimum yang terbentuk sebanyak 3 dengan nilai *silhouette* dan *pseudo-f statistics* berturut-turut sebesar 0,275 dan 1185,444. Hasil

pemetaan zona untuk setiap wilayah di Indonesia dapat ditunjukkan pada Gambar 4.48.



**Gambar 4.48** Pengelompokan Zona Musim Menggunakan Jarak DTW

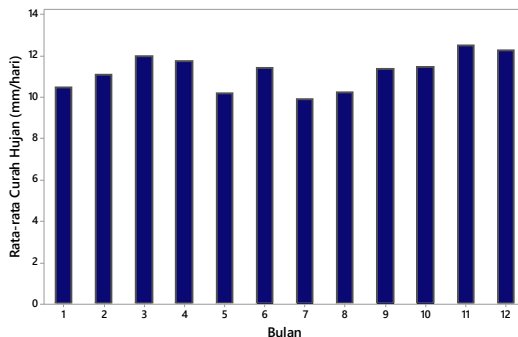
Sebagian besar wilayah di Indonesia masuk pada zona 1 dan hanya sedikit wilayah yang masuk dalam zona 2 hal tersebut dapat ditunjukkan pada Gambar 4.48. Wilayah di Indonesia yang masuk pada zona 2 adalah sebagian Sulawesi dan Maluku. Sedangkan zona 3 adalah sebagian Sumatera, Kalimantan dan sebagian Maluku dan Papua. Selanjutnya untuk sisanya merupakan wilayah di Indonesia yang masuk pada zona 1. Pola curah hujan setiap zona dapat ditampilkan pada Gambar 4.48 hingga 4.50.



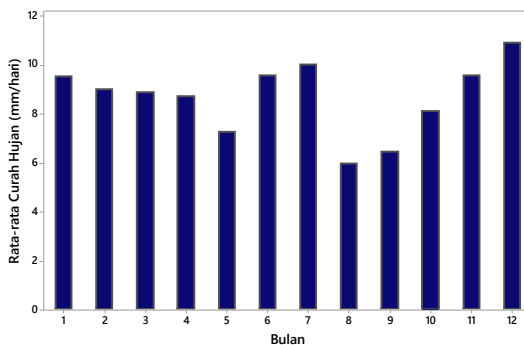
**Gambar 4.49** Pola Curah Hujan Zona 1 Pada Cluster Menggunakan Jarak DTW

Pola curah hujan untuk zona 1 setiap tahunnya berbentuk U atau disebut *monsoon* hal tersebut sesuai dengan diagram batang pada Gambar 4.49. Puncak curah hujan tertinggi berada pada bulan

Januari dan Desember sehingga pada bulan tersebut diprediksi sebagai puncak musim hujan. Sedangkan, curah hujan terendah pada bulan Agustus dan September.

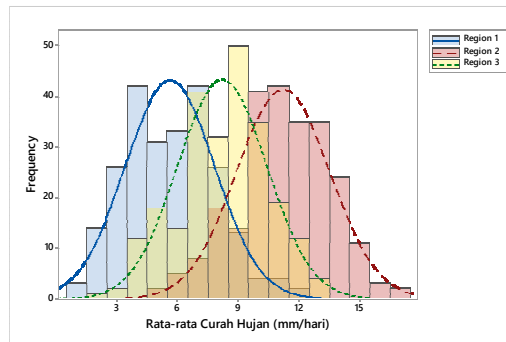


**Gambar 4.50** Pola Curah Hujan Zona 2 Pada *Cluster* Menggunakan Jarak DTW  
Pola curah hujan pada zona 2 dapat dilihat pada Gambar 4.50, dimana curah hujan setiap bulanya cenderung stabil diangka 10 mm/hari. Namun, jika dilihat polanya hampir menyerupai pola anti *monsoon* atau berbentuk U terbalik.



**Gambar 4.51** Pola Curah Hujan Zona 3 Pada *Cluster* Menggunakan Jarak DTW  
Zona 3 memiliki pola musim semi *monsoon* dimana memiliki puncak curah hujan tertinggi 2 periode, yaitu pada awal-akhir dan tengah tahun. Sehingga pada wilayah ini akan mengalami musim penghujan selama 2 kali dalam setahun. Dilakukan analisis untuk mengetahui bagaimana perbedaan pola curah hujan pada setiap

zona. Analisis yang dilakukan adalah dengan melihat histogram pada masing-masing zona musim. Berdasarkan Gambar 4.52 dapat diketahui bahwa ketiga zona memiliki nilai variansi yang hampir sama sehingga dapat dijelaskan bahwa semua zona musim memiliki variabilitas curah hujan yang sama. Sedangkan, jika dilihat rata-rata curah hujan pada setiap zona dapat diketahui bahwa zona 1 mempunyai rata-rata terendah dan zona 2 memiliki rata-rata tertinggi.



**Gambar 4.52** Perbandingan Curah Hujan Pada Zona 1, Zona 2, dan Zona 3 Pada *Cluster* Menggunakan Jarak DTW

#### 4.4.3 Perbandingan Hasil Pengelompokan

Pada subbab ini dilakukan analisis terkait perbandingan hasil pengelompokan pada setiap metode jarak dan data yang digunakan pada hasil *cluster* optimum. Analisis dilakukan untuk melihat metode terbaik yang digunakan dalam pengelompokan zona musim serta melihat seberapa baik hasil pembagian zona musim tersebut. Pada Tabel 4.5 ditampilkan perbedaan nilai *silhouette* untuk jumlah *cluster* optimum pada setiap jarak dan data yang digunakan yang digunakan. Berdasarkan Tabel 4.7 dapat diketahui bahwa metode terbaik yang digunakan dalam pengelompokan zona musim di Indonesia berdasarkan data curah hujan TRMM rata-rata harian adalah dengan jarak ACF dengan nilai koefisien *silhouette* sebesar 0,472, sedangkan untuk data rata-rata curah hujan agregat bulanan adalah jarak *euclidean* dengan

nilai koefisien *silhouette* sebesar 0,495. Sehingga pengelompokan zona musim zona musim di Indonesia yang paling optimum adalah pengelompokan dengan data rata-rata curah hujan bulanan dengan jarak *euclidean*.

Pengelompokan menggunakan jarak *euclidean* memberikan hasil yang baik hal tersebut sesuai kriteria yang dikemukakan oleh Kauffman dan Rousseeuw (1990). Sehingga zona musim di Indonesia terdapat 3 yaitu zona musim *monsoon*, anti *monsoon*, dan semi *monsoon*. Zona musim *monsoon* memiliki musim hujan diawal dan akhir tahun atau pola curah hujan berbentuk U. Zona kedua atau anti *monsoon* merupakan kebalikan dari zona *monsoon*. Sedangkan untuk zona musim semi *monsoon* adalah wilayah-wilayah di Indonesia yang memiliki musim penghujan 2 kali, artinya dalam setahun puncak curah hujan tertinggi berada di awal akhir dan tengah tahun. Pola curah hujan pada zona semi *monsoon* berbentuk huruf M. Jika dibandingkan hasil pengelompokan oleh Aldrian pada tahun 2003 hampir sama, namun ada beberapa wilayah yang mengalami pergeseran zona musim. Salah satu daerah yang sedikit bergeser adalah pulau jawa bagian barat meliputi Banten, Jakarta, Jawa Barat, DIY bergeser masuk kedalam zona 3. Selain itu, wilayah Papua yang semula masuk kedalam zona 1 dan 3 kemudian bergeser masuk ke zona 2. Perbedaan daerah lainnya dapat dilihat pada Gambar 2.3 dan 4.39.

**Tabel 4.7** Perbandingan Hasil Pengelompokan Setiap Jarak dan Data Pada Cluster Optimum

Data	Jarak	Jumlah Cluster Optimum	Koefisien <i>Silhouette</i>
Rata-rata Harian	<i>Euclidean</i>	Dua zona musim	0,136
	ACF	Dua zona musim	0,472
	DTW	Dua zona musim	0,160
Rata-rata Bulanan	<i>Euclidean</i>	Tiga zona musim	0,495
	ACF	Dua zona musim	0,371
	DTW	Tiga zona musim	0,275



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan bab 4, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Karakteristik curah hujan di Indonesia dapat dilihat berdasarkan rata-rata, dimana berdasarkan hasil rata-rata dapat diketahui bahwa puncak curah hujan tertinggi berada di bulan Januari dan Desember sedangkan puncak curah hujan terendah pada bulan Juli dan Agustus. Pola curah hujan setiap zona musim yang dibentuk oleh Aldrian (2013) untuk kondisi sekarang sudah sedikit mengalami perubahan dimana untuk zona 2 (anti monsoon) dan zona 3 (semi *monsoon*) mempunyai pola yang hamper sama. Data satelit TRRM dalam mendeteksi curah hujan ekstrim dan hujan lebat peformanya masih kurang. Nilai verifikasi untuk keadaan curah hujan ekstrim nilai rata-rata PoD, *bias score*, dan FAR masing-masing bernilai 0,061, 0,821, dan 0,931. Sedangkan untuk keadaan hujan ekstrim masing-masing bernilai 0,051, 0,790, 0,881. Sehingga satelit TRRM tidak dapat langsung digunakan dalam mendeteksi curah hujan ekstrim dan hujan lebat perlu dilakukan analisis terlebih dahulu.
2. Pengelompokan zona musim di Indonesia menggunakan *cluster* dengan jarak *euclidean*, ACF, dan DTW pada data curah hujan rata-rata harian dan bulanan didapatkan jumlah *cluster* optimum antara 2 dan 3. Penentuan *cluster* optimum menggunakan koefisien *silhouette* serta nilai *pseudo-f statistics*. Perbandingan metode terbaik berdasarkan kriteria *silhouette* terpilih bahwa metode jarak *euclidean* dengan data rata-rata bulanan adalah terbaik dengan nilai *silhouette* sebesar 0,495. Berdasarkan nilai *silhouette* tersebut hasil pengelompokan bisa dikatakan sudah baik, sesuai dengan

yang ungkapkan oleh Kauffman dan Rousseeuw (1990). Hasil pengelompokan memiliki hasil yang tidak berbeda jauh dengan hasil pengelompokan zona musim oleh Aldrian tahun 2003. Zona musim yang terbentuk adalah 3 zona, dengan tipe *monsoon*, anti *monsoon*, dan semi *monsoon*. Zona 1 meliputi Jawa Timur, Bali, Nusa Tenggara, sebagian Sulawesi, Riau, Sumatera Selatan, Aceh, seluruh wilayah Maluku, sebagian wilayah Kalimantan Timur dan Kalimantan Selatan. Wilayah-wilayah yang masuk dalam zona 2 diantaranya adalah sebagian wilayah Sulawesi dan Papua. Zona 3 merupakan zona yang terdiri dari wilayah Indonesia bagian barat yang meliputi sebagian besar wilayah di Sumatera, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jakarta, Banten, Yogyakarta, serta bagian Kalimantan sebelah utara

## 5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang diperoleh, dapat dirumuskan saran sebagai pertimbangan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Satelit TRRM tidak dapat langsung digunakan dalam mendeteksi curah hujan ekstrim maupun hujan lebat, perlu dilakukan re-analisis terlebih dahulu.
2. Perlu melakukan asimilasi data TRMM dan lapangan dalam melakukan pengelompokan zona musim.
3. Hasil pengelompokan zona musim dapat digunakan dalam penentuan musim tanam dan kegiatan lainnya karena dapat diprediksi terjadinya bulan hujan dan kemarau dalam setiap tahunnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aghabozorgi, S., Shirkhorshidi, A. S. & Wah, T. Y., 2015. Time-series *clustering* – A decade review. *Information Systems*, pp. 16-38.
- Aldrian, E. & Susanto, R. D., 2003. Identification of Three Dominant Rainfall Regions Within Indonesia and Their Relationship to Sea Surface Temperature. *International Journal of Climatology*, Issue 23, p. 1435 – 1452.
- Apinan, A. & Kuankid, S., 2016. Dynamic time warping for classifying lameness in cows. *AgricEngInt: CIGR Journal*, Volume 18, pp. 350-357.
- As-syakura, A. R., Tanakaa, T. & Osawaa, T., 2013. Indonesian rainfall variability observation using TRMM multi-satellite data. *International Journal of Remote Sensing*, 34(21), p. 7723–7738.
- Bannu, 2003. *Analisis Interaksi Monsun, Enso, dan Dipole Mode serta Kaitannya dengan Variabilitas Curah Hujan dan Angin Permukaan di Benua Maritim Indonesia*. Tesis Magister: Institut Teknologi Bandung.
- Braun, S. A., 2011. *Tropical Rainfall Measuring Mission : Senior Review Proposal*. United States of America: Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM).
- Brown, B., Thompson, G., Brientjes, R. & R Bullock, T. K., 1997. Intercomparison of in-flight icing algorithms. Part II: statistical verification results. *Weather and Forecasting*, Issue 12, p. 890–914.
- Changnon, S. A., 1987. Droughts in Illinois: Their Physical and Social Dimensions. *III. State Water Survey*, p. 369.
- Chis, M., Banerjee, S. & Hassanien, A. E., 2009. *Clustering Time Series Data: An Evolutionary Approach*. *Foundations of Computational*, Volume 6, pp. 193-207.

- Coleman, 2017. *Dynamic Programming Example (Dynamic Time Warping)*. [Online] Available at: [http://www.phon.ox.ac.uk/jcoleman/old\\_SLP/Lecture\\_5/DTW\\_explanation.html](http://www.phon.ox.ac.uk/jcoleman/old_SLP/Lecture_5/DTW_explanation.html) [Diakses 01 Maret 2018].
- Collischonn, B., Collischonn, W. & Tucci, C. E. M., 2008. Daily hydrological modeling in the Amazon basin using TRMM rainfall estimates. *Journal of Hydrology*, Issue 360, pp. 207-216.
- Dinata, C., Puspitaningrum, D. & Ernawati, 2017. Implementasi Teknik Dynamic Time Warping (DTW) Pada Aplikasi Speech To Text. *Jurnal Teknik Informatik*, pp. 49-58.
- Gujarati, D. (2003). *Ekonometrika Dasar*. Zain, S, penerjemah. Erlangga. Jakarta. Terjemahan dari: *Basic Econometric*.
- Gunawan, D., 2008. Perbandingan Curah Hujan Bulanan Dari Data Pengamatan Permukaan, Satelit TRMM dan Model Permukaan NOAA. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, pp. 65-77.
- Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L. & Black, W. C., 1995. *Multivariate Data Analysis: With Readings*. 4th penyunt. s.l.:Pearson College Div.
- Hariarta, I. G. W., 2015. Verifikasi Data Curah Hujan TRMM di Sumbawa Menggunakan Metode Inverse Distance Weighting, Mean, dan Point.
- Hermawan, E., 2011. *Pengelompokan Pola Curah Hujan yang Terjadi di Beberapa Kawasan P. Sumatera Berbasis Hasil Analisis Teknik Spektral*. Jakarta: Lembaga Penerbangan dan Antariksa (LAPAN).
- Hossain, F. & Huffman, G. J., 2008. Investigating Error Metrics for Satellite Rainfall Data at Hydrologically Relevant Scales. *Jurnal Hidrometeorology*, Volume 9, pp. 563-575.
- Hyndman. R. (2006). Another Look at Measures of Forecast Accuracy. *Foresight: The International Journal of Applied Forecasting*, 4(4), 43-46

- Johnson, R., 2007. *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Madison: Pearson Prentice Hall.
- Kaufman, L. & Rousseeuw, P. J., 1990. *Finding Groups in Data: An Introduction to Cluster Analysis*. New York: John Wiley.
- Liao, T. W., 2005. Clustering of time series data—a survey. *Pattern Recognition Society*, p. 1857 – 1874.
- Li, D., Christakos, G., Ding, X. & Wu, J., 2017. Adequacy of TRMM satellite rainfall data in driving the SWAT modelling of. *Journal of Hydrology*, pp. 1-35.
- Makridakis, S., Wheelwright, S. C. & Hyndman, R. J., 1998. *Forecasting : Methods and Applications (3rd Edition ed.)*. USA: Wiley.
- Mcbride, J. L. & Ebert, E. E., 2000. Verification of Quantitative Precipitation Forecasts from Operational Numerical Weather Prediction Models over Australia. *American Meteorological Society*, pp. 102-121.
- Muttaqin, A., Tukiayat, P. & Seto, T. H., 2014. Korelasi antara Data Curah Hujan Penakar Manual dan TRMM (TRopical Rainfall Measuring Mission) Giovanni Tovas. Jakarta: BPPT.
- NASDA, 2001. *TRMM Data Users Handbook*. Japan: Earth Observation Center.
- Niennattrakul, V. & Ratanamahatana, C. A., 2007. *On Clustering Multimedia Time and Dynamic Time Warping*. s.l., Computer Society, pp. 733-738.
- Nugroho, Y. N., Ferdya & Wandayantolis, 2014. Verifikasi Data Estimasi Curah Hujan dari Satelit TRMM Pos Pengamatan Hujan BMKG di Sulawesi Utara. *Jurnal MIPA USRAT Online*, pp. 35-39.
- Orpin, A. & Kostylev, V., 2006. *Towards a Statistically Valid Method of Textural Sea Floor Characterization of Benthic Habitats*, s.l.: s.n.

- Purwadhi, F. S. H., 2001. *Interpretasi Citra Digital*. Jakarta: Gramedia Widiasarana Indonesia.
- Rahman, M. M., Arya, D. S., Goel, N. K. & Mitra, A. K., 2011. Rainfall statistics evaluation of ECMWF model and TRMM data over Bangladesh for flood related studies. *Meteorological Applications*.
- Rani, S. & Sikka, G., 2012. Recent Techniques of *Clustering of Time Series Data: A Survey*. *International Journal of Computer Applications*, Volume 52, pp. 1-9.
- Raval, U. R. & Jani, C., 2016. Implementing & Improvisation of K-Means *Clustering Algorithm*. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, V(5), pp. 191-203.
- Rencher & Alvin, C., 2002. *Methods of Multivariate Analysis Second Edition*. 2nd penyunt. United States of America: Wiley-Interscience.
- Renggono, F. & Syaifullah, M. D., 2011. Kajian Meteorologis Bencana Banjir Bandang di Waisor Papua Barat. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, pp. 33-41.
- Riyadi, M. A. A., Pratiwi, D. S., Irawan, A. R. & Fithriasari, K., 2017. International Journal of Advances in Intelligent Informatics. *algorithms, Clustering stationary and non - stationary time series based on autocorrelation distance of hierarchical and k-means*, Issue 3, pp. 154-160.
- Shin, D. & North, G. R., 2000. Error Incurred in Sampling a Cyclostationary Field. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 17, pp. 656-664.
- Short, D. A. & North, G. R., 1990. The Beam Filling Error in ESMR-observations of GATE Rainfall. *J. Geophys. Res.*, 95, pp. 2187-2194.
- Sigalingging, H., Setiawan, E. & Sihalohe, H. D., 2004. *Kebijakan Pengedaran Uang di Indonesia*. Jakarta: Bank Indonesia.

- Simpson, J., Kummerow, C., Tao, W. K. & Adler, R. F., 1996. On the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM). *Meteor. Atmos. Phys.*, 60, pp. 19-36.
- Sosrodarsono, S., 1985. *Hidrologi*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Swarinoto, Y. S. & Husain, 2012. *Estimasi Curah Hujan Harian dengan Metode Auto Estimator*. Jakarta: Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG).
- Wei, W. W., 2006. *Time Series Analysis Univariate and Multivariate Methods*. 2nd penyunt. United States of America: Pearson Education, Inc

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## LAMPIRAN

**Lampiran 1.** Data Curah Hujan Harian Lapangan BMKG Resolusi 1 Derajat (mm/hari)

No	Sta.	Lon	Lat	01/01/98	02/01/98	...	30/12/16	31/12/16
1	1	95	6	1	10	...	0	10.4
2	2	95	5	25	20	...	26	0.1
3	3	97	5	0	0	...	0	0
4	4	96	4	163	0	...	0	3
5	5	99	4	0	17	...	0	0
6	6	108	4	22	0	...	122.5	0.9
7	7	116	4	3	3	...	34.5	4.2
8	8	118	4	18	5.3	...	46	1.2
9	9	126	4	5	11	...	103	39
10	10	99	3	5	9	...	7.5	0
11	11	106	3	6.7	22.7	...	9.6	1.8
12	12	117	3	5	8	...	4.3	18
13	13	118	3	41.7	1.5	...	26.5	0.8
14	14	109	2	6.5	5.1	...	0.1	7.3
15	15	117	2	1	2.2	...	0	40
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
108	108	117	-9	0	0	...	0	0
109	109	119	-9	0	0	...	0	0
110	110	120	-9	0	0	...	18	0
111	111	122	-9	0	0	...	36.5	0
112	112	120	-10	0	0	...	0.5	0
113	113	123	-10	21	0	...	3.5	19
114	114	124	-10	8.5	12.5	...	4.3	0
115	115	122	-11	25	0	...	0.3	0
116	116	123	-11	62.9	0	...	0	1.6

**Lampiran 2.** Data Curah Hujan Bulanan TRMM Resolusi 0,25 Derajat (mm/hari)

No	Lon	Lat	Jan-98	Feb-98	Mar-98	...	Nov-17	Dec-17
1	95.00	6.00	3.630	1.654	0.879	...	8.563	7.653
2	95.75	6.00	3.687	1.363	0.696	...	8.964	8.464
3	96.50	6.00	3.343	1.068	0.491	...	9.313	9.047
4	97.25	6.00	3.196	1.078	0.017	...	9.657	9.843
5	98.00	6.00	3.039	1.099	1.065	...	9.726	10.405
6	98.75	6.00	2.781	1.076	1.736	...	10.183	10.898
7	99.50	6.00	2.569	0.341	1.864	...	10.530	10.945
8	100.25	6.00	2.443	0.784	1.642	...	10.921	10.432
9	101.00	6.00	1.863	0.619	0.943	...	11.617	10.478
10	101.75	6.00	2.012	0.598	0.586	...	11.702	9.896
11	102.50	6.00	0.964	0.530	0.739	...	11.697	9.265
12	103.25	6.00	0.328	0.592	0.506	...	11.294	8.789
13	104.00	6.00	0.084	0.599	1.035	...	12.475	7.668
14	104.75	6.00	0.162	0.437	0.858	...	11.715	6.949
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
12754	141.50	-11.00	4.081	9.016	2.030	...	1.985	7.483
12755	141.75	-11.00	4.142	11.364	2.323	...	1.966	7.649
12756	142.00	-11.00	3.882	11.864	1.966	...	2.257	7.916
12757	142.25	-11.00	3.759	14.386	2.191	...	2.475	7.275
12758	142.50	-11.00	3.977	15.096	2.199	...	2.356	7.246
12759	142.75	-11.00	4.369	15.360	2.630	...	2.258	6.895
12760	143.00	-11.00	5.491	12.612	3.483	...	2.376	7.510
12761	143.25	-11.00	5.854	10.311	3.789	...	2.174	7.494
12762	143.50	-11.00	5.556	9.850	4.249	...	2.272	7.074
12763	143.75	-11.00	4.514	9.712	5.037	...	2.353	6.986
12764	144.00	-11.00	14.893	8.098	2.137	...	2.298	7.396

**Lampiran 3.** Data Curah Hujan Bulanan TRMM Resolusi 0,5 Derajat (mm/hari)

No	Lon	Lat	Jan-98	Feb-98	Mar-98	...	Nov-17	Dec-17
1	95.00	6.00	3.720	1.390	1.042	...	9.620	16.166
2	95.50	6.00	2.563	1.153	0.740	...	10.086	16.053
3	96.00	6.00	2.569	1.105	1.536	...	10.563	16.423
4	96.50	6.00	2.459	0.396	1.606	...	11.464	15.119
5	97.00	6.00	1.453	0.599	0.729	...	14.447	14.183
6	97.50	6.00	0.725	0.452	0.790	...	14.251	15.525
7	98.00	6.00	0.225	0.474	1.380	...	17.002	13.788
8	98.50	6.00	0.478	0.680	1.772	...	14.234	7.514
9	99.00	6.00	0.547	1.857	0.945	...	12.182	3.305
10	99.50	6.00	0.696	2.293	1.143	...	10.561	2.685
11	100.00	6.00	1.534	2.691	3.810	...	14.306	3.503
12	100.50	6.00	1.330	2.842	3.766	...	16.530	5.796
13	101.00	6.00	1.828	1.214	1.556	...	18.616	9.438
14	101.50	6.00	3.580	0.410	0.961	...	21.616	12.858
15	102.00	6.00	3.229	0.470	0.713	...	26.312	16.696
16	102.50	6.00	3.579	0.787	1.075	...	28.698	19.435
17	103.00	6.00	2.393	0.081	1.884	...	30.900	15.440
:	:	:	:	:	:	:	:	:
3248	142.25	-11.00	6.621	9.787	3.555	...	1.025	0.564
3249	142.50	-11.00	5.127	8.577	2.297	...	1.531	1.300
3250	142.75	-11.00	3.965	11.657	2.127	...	3.344	0.860
3251	143.00	-11.00	3.820	13.125	2.078	...	3.622	0.789
3252	143.25	-11.00	4.173	15.228	2.414	...	1.495	1.114
3253	143.50	-11.00	5.353	10.621	4.139	...	0.954	1.104
3254	143.75	-11.00	5.034	9.781	4.643	...	0.785	0.900
3255	144.00	-11.00	14.892	8.097	2.137	...	0.383	1.985

**Lampiran 4.** Data Curah Hujan Harian TRMM Resolusi 1 Derajat (mm/hari)

No	Lon	Lat	01/01/98	02/01/98	...	30/12/16	31/12/16
1	95	6	8.929	0.000	...	0.000	2.813
2	95	5	0.000	4.854	...	0.000	0.000
3	97	5	4.032	0.000	...	0.000	2.829
4	96	4	0.000	0.000	...	0.000	1.348
5	99	4	15.387	58.495	...	0.693	7.300
6	108	4	0.000	32.097	...	0.000	5.139
7	116	4	35.781	0.000	...	15.946	2.814
8	118	4	0.000	3.744	...	9.364	0.000
9	126	4	11.760	3.060	...	14.490	57.780
10	99	3	7.518	15.710	...	0.000	0.000
11	106	3	2.760	1.920	...	4.920	0.690
12	117	3	9.701	2.910	...	16.082	23.525
13	118	3	0.000	0.000	...	13.156	92.381
14	109	2	10.155	0.164	...	5.569	0.000
15	117	2	9.450	1.080	...	23.084	15.664
16	125	2	0.000	11.836	...	16.596	20.589
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
12756	117	-9	0.000	1.828	...	0.000	0.000
12757	119	-9	0.000	7.193	...	0.000	0.000
12758	120	-9	0.473	8.981	...	0.000	0.000
12759	122	-9	1.350	0.900	...	0.000	3.777
12760	120	-10	4.269	0.000	...	0.000	0.000
12761	123	-10	23.876	0.000	...	0.000	0.000
12762	124	-10	1.440	0.000	...	0.210	0.000
12763	122	-11	29.970	0.000	...	0.000	10.400
12764	123	-11	101.850	0.000	...	26.000	0.100

## Lampiran 5. Syntax Download Data TRMM Dengan Cygwin

```
#!/bin/sh

GREP_OPTIONS=''

cookiejar=$(mktemp cookies.XXXXXXXXXX)
netrc=$(mktemp netrc.XXXXXXXXXX)
chmod 0600 "$cookiejar" "$netrc"
function finish {
    rm -rf "$cookiejar" "$netrc"
}

trap finish EXIT
WGETRC="$wgetrc"

prompt_credentials() {
    echo "Enter your Earthdata Login or other provider
supplied credentials"
    read -p "Username (syahrulekaa): " username
    username=${username:-syahrulekaa}
    read -s -p "Password: " password
    echo "machine urs.earthdata.nasa.gov login
$username password $password" >> $netrc
    echo
}

exit_with_error() {
    echo
    echo "Unable to Retrieve Data"
    echo
    echo $1
    echo
    echo
    echo
    "https://disc2.gesdisc.eosdis.nasa.gov/data/TRMM_RT/TR
MM_3B42RT_Daily.7/2017/12/3B42RT_Daily.20171230.7.nc4"
    echo
    exit 1
}

prompt_credentials
detect_app_approval() {
    approved=`curl -s -b "$cookiejar" -c "$cookiejar"
-L --max-redirs 2 --netrc-file "$netrc"
```

```

https://disc2.gesdisc.eosdis.nasa.gov/data/TRMM_RT/TRM
M_3B42RT_Daily.7/2017/12/3B42RT_Daily.20171230.7.nc4 -
w %{http_code} | tail -1`
    if [ "$approved" -ne "302" ]; then
        # User didn't approve the app. Direct users to
        approve the app in URS
        exit_with_error "Please ensure that you have
        authorized the remote application by visiting the link
        below "
    fi
}

setup_auth_curl() {
    # Firstly, check if it require URS authentication
    status=$(curl -s -z "$(date)" -w %{http_code}
https://disc2.gesdisc.eosdis.nasa.gov/data/TRMM_RT/TRM
M_3B42RT_Daily.7/2017/12/3B42RT_Daily.20171230.7.nc4 |
tail -1)
    if [[ "$status" -ne "200" && "$status" -ne "304"
]]; then
        # URS authentication is required. Now further
        check if the application/remote service is approved.
        detect_app_approval
    fi
}

setup_auth_wget() {
    # The safest way to auth via curl is netrc. Note:
    there's no checking or feedback
    # if login is unsuccessful
    touch ~/.netrc
    chmod 0600 ~/.netrc
    credentials=$(grep 'machine
urs.earthdata.nasa.gov' ~/.netrc)
    if [ -z "$credentials" ]; then
        cat "$netrc" >> ~/.netrc
    fi
}

fetch_urls() {
    if command -v curl >/dev/null 2>&1; then
        setup_auth_curl
        while read -r line; do
            curl -f -b "$cookiejar" -c "$cookiejar" -L
--netrc-file "$netrc" -Og -- $line && echo ||

```

```

exit_with_error "Command failed with error. Please
retrieve the data manually."
done;
elif command -v wget >/dev/null 2>&1; then
    # We can't use wget to poke provider server to
    get info whether or not URS was integrated without
    download at least one of the files.
    echo
    echo "WARNING: Can't find curl, use wget
instead."
    echo "WARNING: Script may not correctly
identify Earthdata Login integrations."
    echo
    setup_auth_wget
    while read -r line; do
        wget --load-cookies "$cookiejar" --save-
cookies "$cookiejar" --keep-session-cookies -- $line
        && echo || exit_with_error "Command failed with error.
Please retrieve the data manually."
    done;
else
    exit_with_error "Error: Could not find a
command-line downloader. Please install curl or wget"
fi
}

fetch_urls <<'EDSCEOF'
https://disc2.gesdisc.eosdis.nasa.gov/data/TRMM_RT/TRM
M_3B42RT_Daily.7/2017/12/3B42RT_Daily.20171230.7.nc4
https://disc2.gesdisc.eosdis.nasa.gov/data/TRMM_RT/TRM
M_3B42RT_Daily.7/2017/12/3B42RT_Daily.20171229.7.nc4
https://disc2.gesdisc.eosdis.nasa.gov/data/TRMM_RT/TRM
M_3B42RT_Daily.7/2017/12/3B42RT_Daily.20171228.7.nc4
https://disc2.gesdisc.eosdis.nasa.gov/data/TRMM_RT/TRM
M_3B42RT_Daily.7/2017/12/3B42RT_Daily.20171227.7.nc4
.....
https://disc2.gesdisc.eosdis.nasa.gov/data/TRMM_RT/TRM
M_3B42RT_Daily.7/2000/03/3B42RT_Daily.20000303.7.nc4
https://disc2.gesdisc.eosdis.nasa.gov/data/TRMM_RT/TRM
M_3B42RT_Daily.7/2000/03/3B42RT_Daily.20000302.7.nc4
https://disc2.gesdisc.eosdis.nasa.gov/data/TRMM_RT/TRM
M_3B42RT_Daily.7/2000/03/3B42RT_Daily.20000301.7.nc4
EDSCEOF

```

### Lampiran 6. Syntax Matlab Convert Data dan Gabung Data NetCDF ke Excel

```
%Open Data NetCDF
data20010101=ncread('2001/3B42_Daily.20010101.7.nc4',
'precipitation');
data20010102=ncread('2001/3B42_Daily.20010102.7.nc4',
'precipitation');
data20010103=ncread('2001/3B42_Daily.20010103.7.nc4',
'precipitation');
data20010104=ncread('2001/3B42_Daily.20010104.7.nc4',
'precipitation');
data20010105=ncread('2001/3B42_Daily.20010105.7.nc4',
'precipitation');
...

%Merubah Struktur Data
data20170201=transpose(xlsread('f:/Download
TA/2017/data20170201'));
data20170202=transpose(xlsread('f:/Download
TA/2017/data20170202'));
data20170203=transpose(xlsread('f:/Download
TA/2017/data20170203'));
data20170204=transpose(xlsread('f:/Download
TA/2017/data20170204'));
data20170205=transpose(xlsread('f:/Download
TA/2017/data20170205'));
...
data01=data20170101(:,1);
data02=data20170101(:,2);
data03=data20170101(:,3);
data04=data20170101(:,4);
data05=data20170101(:,5);
...
datagabdata20170101=[data01; data02; data03; data04;
data05; data06; data07; data08; data09; data10;
data11; data12; data13; data14; data15; data16;
data17; data18; data19; data20; data21; data22;
data23; data24; data25; data26; data27; data28;
data29; data30; data31; data32; data33; data34;
data35; data36; data37; data38; data39; data40;
data41; data42; data43; data44; data45; data46;
data47; data48; data49; data50; data51; data52;
data53; data54; data55; data56; data57; data58;
```



```

data59; data60; data61; data62; data63; data64;
data65; data66; data67; data68; data69];
...
Hasil=[datagabdata20170101 datagabdata20170102
datagabdata20170103 datagabdata20170104
datagabdata20170105 datagabdata20170106
datagabdata20170107 datagabdata20170108
datagabdata20170109 datagabdata20170120
datagabdata20170121 datagabdata20170122
datagabdata20170123 datagabdata20170124
datagabdata20170125 datagabdata20170126
datagabdata20170127 datagabdata20170128
datagabdata20170129 datagabdata20170120
datagabdata20170121 datagabdata20170122
datagabdata20170123 datagabdata20170124
datagabdata20170125 datagabdata20170126
datagabdata20170127 datagabdata20170128
datagabdata20170129 datagabdata20170130
datagabdata20170131];
xlswrite('f:/Download TA/2017/data201701.xlsx',Hasil);

%Gabung Data All
clc
clear all

data199801=xlsread('e:/TA/DataALL/data199801.xlsx');
data199802=xlsread('e:/TA/DataALL/data199802.xlsx');
data199803=xlsread('e:/TA/DataALL/data199803.xlsx');
data199804=xlsread('e:/TA/DataALL/data199804.xlsx');
data199805=xlsread('e:/TA/DataALL/data199805.xlsx');
data199806=xlsread('e:/TA/DataALL/data199806.xlsx');
data199807=xlsread('e:/TA/DataALL/data199807.xlsx');
data199808=xlsread('e:/TA/DataALL/data199808.xlsx');
data199809=xlsread('e:/TA/DataALL/data199809.xlsx');
data199810=xlsread('e:/TA/DataALL/data199810.xlsx');
data199811=xlsread('e:/TA/DataALL/data199811.xlsx');
data199812=xlsread('e:/TA/DataALL/data199812.xlsx');
urutan=xlsread('e:/TA/urutanbaru.xlsx');

Hasil=[data199801 data199802 data199803 data199804
data199805 data199806 data199807 data199808 data199809
data199810 data199811 data199812 urutan];
xlswrite('f:/Download TA/DataTahun1998.xlsx',Hasil);
...

```

### **Lampiran 7.** *Syntax Cluster Jarak ACF Dengan Algoritma Complete Linkage*

```
#Open Data
library(TSclust)
data=read.csv("E:/TA/Data Cluster.csv", header=TRUE,
sep=";")

#Menghitung Jarak ACF
mACF=diss(data,"ACF")

#Dendrogram
clusterACF=hclust(mACF, "complete")
plot(clusterACF)

#Mencari Anggota Setiap Jumlah Cluster
clusterCut2 <- cutree(clusterACF, 2)
clusterCut3 <- cutree(clusterACF, 3)
clusterCut4 <- cutree(clusterACF, 4)
clusterCut5 <- cutree(clusterACF, 5)
sil2 = silhouette (clusterCut2,mACF)
sil3 = silhouette (clusterCut3,mACF)
sil4 = silhouette (clusterCut4,mACF)
sil5 = silhouette (clusterCut5,mACF)

#Plot Silhouette
hasil=data.frame(mean(sil2[,3]), mean(sil3[,3]),
mean(sil4[,3]), mean(sil5[,3]))
hasil=unlist(hasil[1,], use.names=FALSE)
plot(c(0,hasil), type="b", xlab="Jumlah Cluster",
ylab="Koefisien Silhouette ",col = "Blue")

#Mengeluarkan Membership
cluster2ACF=data.frame(clusterCut2, sil2[,1],
sil2[,2], sil2[,3])
cluster3 ACF =data.frame(clusterCut3, sil3[,1],
sil3[,2], sil3[,3])
cluster4 ACF =data.frame(clusterCut4, sil4[,1],
sil4[,2], sil4[,3])
cluster5 ACF =data.frame(clusterCut5, sil5[,1],
sil5[,2], sil5[,3])
Hasil=data.frame(cluster2 ACF, cluster3 ACF, cluster4
ACF, cluster5 ACF)
write.csv(Hasil, "e:/TA/Hasil Cluster ACF.csv")
```

### **Lampiran 8. Syntax Cluster Jarak Euclidean Dengan Algoritma Complete Linkage**

```
#Open Data
library(cluster)
data=transpose(data)

#Menghitung Jarak Euclidean
mEUC=dist(data)

#Dendrogram
clusterACF=hclust(mACF, "complete")
plot(clusters)

#Mencari Anggota Setiap Jumlah Cluster
clusterCut2 <- cutree(clusterEUC, 2)
clusterCut3 <- cutree(clusterEUC, 3)
clusterCut4 <- cutree(clusterEUC, 4)
clusterCut5 <- cutree(clusterEUC, 5)
sil2 = silhouette (clusterCut2,mEUC)
sil3 = silhouette (clusterCut3,mEUC)
sil4 = silhouette (clusterCut4,mEUC)
sil5 = silhouette (clusterCut5,mEUC)

#Plot Silhouette
hasil=data.frame(mean(sil2[,3]), mean(sil3[,3]),
mean(sil4[,3]), mean(sil5[,3]))
hasil=unlist(hasil[1,], use.names=FALSE)
plot(c(0,hasil), type="b", xlab="Jumlah Cluster",
ylab="Koefisien Silhouette ",col = "Blue")

#Mengeluarkan Membership
cluster2EUC=data.frame(clusterCut2, sil2[,1],
sil2[,2], sil2[,3])
cluster3EUC=data.frame(clusterCut3, sil3[,1],
sil3[,2], sil3[,3])
cluster4EUC=data.frame(clusterCut4, sil4[,1],
sil4[,2], sil4[,3])
cluster5EUC=data.frame(clusterCut5, sil5[,1],
sil5[,2], sil5[,3])
Hasil=data.frame(cluster2EUC, cluster3EUC,
cluster4EUC, cluster5EUC)
write.csv(Hasil, "e:/TA/Hasil Cluster EUC.csv")
```

### **Lampiran 9. Syntax Cluster Jarak Euclidean Dengan Algoritma Complete Linkage**

```
#Open Data
library(TSclust)
data=read.csv("E:/TA/Data Cluster 05.csv", header=
TRUE, sep=";")

#Menghitung Jarak Euclidean
mDTW=diss(data, "DTW")

#Dendogram
clusterACF=hclust(mDTW, "complete")
plot(clusters)

#Mencari Anggota Setiap Jumlah Cluster
clusterCut2 <- cutree(clusterDTW, 2)
clusterCut3 <- cutree(clusterDTW, 3)
clusterCut4 <- cutree(clusterDTW, 4)
clusterCut5 <- cutree(clusterDTW, 5)
sil2 = silhouette (clusterCut2,mDTW)
sil3 = silhouette (clusterCut3,mDTW)
sil4 = silhouette (clusterCut4,mDTW)
sil5 = silhouette (clusterCut5,mDTW)

#Plot Silhouette
hasil=data.frame(mean(sil2[,3]), mean(sil3[,3]),
mean(sil4[,3]), mean(sil5[,3]))
hasil=unlist(hasil[1,], use.names=FALSE)
plot(c(0,hasil), type="b", xlab="Jumlah Cluster",
ylab="Koefisien Silhouette ",col = "Blue")

#Mengeluarkan Membership
cluster2EUC=data.frame(clusterCut2, sil2[,1],
sil2[,2], sil2[,3])
cluster3E
UC=data.frame(clusterCut3, sil3[,1], sil3[,2],
sil3[,3])
cluster4EUC=data.frame(clusterCut4, sil4[,1],
sil4[,2], sil4[,3])
cluster5EUC=data.frame(clusterCut5, sil5[,1],
sil5[,2], sil5[,3])
Hasil=data.frame(cluster2DTW, cluster3DTW,
cluster4DTW, cluster5DTW)
```

### Lampiran 10. Syntax Menghitung Nilai *Pseudo-f Statistics*

```
icdrate = function(Data, nc, c)
{
  n = dim(Data)[1]
  p = dim(Data)[2]
  X = Data[,1:(p-1)]
  Group = Data[,p]

  p = dim(X)[2]
  Mean.X = matrix(ncol = p, nrow = (nc+1))
  for (i in 1:nc)
  {
    for (j in 1:p)
    {
      Mean.X[i,j] = mean(X[which(Group==i),j])
      Mean.X[(nc+1),j] = mean(X[,j])
    }
  }

  SST = matrix(ncol=p, nrow=n)
  for (i in 1:n)
  {
    for (j in 1:p)
    {
      SST[i,j] = (X[i,j] - Mean.X[(nc+1),j])^2
    }
  }
  SST = sum(sum(SST))

  SSE = matrix(ncol=p, nrow=n)
  for (i in 1:n)
  {
    for (j in 1:p)
    {
      for (k in 1:nc)
      {
        if (Group[i]==k)
        {
          SSE[i,j] = (X[i,j] - Mean.X[k,j])^2
        }
      }
    }
  }
}
```

```

SSE = sum(sum(SSE))

Rsqr = (SST-SSE)/SST
icdrate = 1-Rsqr
Pseudof = (Rsqr/(c-1))/((icdrate)/(nc-c))
list(Rsqr=Rsqr, icdrate=icdrate, pseudof=Pseudof)
}

```

### **Lampiran 11. Syntax Menghitung Nilai *Bias Score*, PoD, dan FAR**

```

dataverif=read.csv("E:/TA/newver.csv", header=TRUE,
sep=";")

TRMM=dataverif[,117:232]
Lapangan=dataverif[,1:116]
A=matrix(0, nrow=116)
B=matrix(0, nrow=116)
C=matrix(0, nrow=116)
D=matrix(0, nrow=116)

for (i in 1:116)
{
Tabel=with(dataverif, table(TRMM[,i], Lapangan[,i]))
A[i]=Tabel[1,1]
B[i]=Tabel[1,2]
C[i]=Tabel[2,1]
D[i]=Tabel[2,2]
}

hasil=data.frame(A,B,C,D)
write.csv(hasil,"e:/TA/Hasiltabel50.csv")

```

### **Lampiran 12. Syntax Menghitung Nilai *MAE* dan *R-Square***

```

dataRMSE=read.csv("E:/TA/RMSE.csv", header=TRUE,
sep=";")
TRMM=dataRMSE[,1:116]
Lapangan=dataRMSE[,-(1:116)]
Hasil=matrix(0,nrow=116, ncol=2)

for (i in 1:116)
{

```

```

    Hasil[i,1]=caret::postResample(Lapangan[,i],
    TRMM[,i])[2]
    Hasil[i,2]=caret::postResample(Lapangan[,i],
    TRMM[,i])[3]
}

colnames(Hasil, do.NULL = FALSE)
colnames(Hasil) <- c("RSq","MAE")
write.csv(error, "e:/TA/Rsq dan MAE.csv")

```

### Lampiran 13. Syntax Matlab Gambar Peta

```

data01=xlsread('E:/TA/Cluster DTW 02 05.xlsx');
load('indobound')

%load coast

xlon      = 95:0.5:141;
ylat      = 6:-0.5:-11;
[LON,LAT] = meshgrid(xlon,ylat);
pcolor(LON,LAT,data01); view([0 90]); shading
interp;

hold on;
plot
(indobound(:,1),indobound(:,2),'color','black','Linewi
dth', 2);

%plot3(long,lat,max(data01(:))*ones(size(long)),'k','c
olor','white');
axis equal; axis([95 141 -11 6]);
xlabel('Longitude (derajat)','fontsize',11);
ylabel('Latitude (derajat)','fontsize',11);
colorbar;
colormap(jet(2))
drawnow;

```

**Lampiran 14.** Kriteria Nilai Verifikasi Data TRMM

Lon	Lat	<i>RSq</i> (%)	MAE	Curah Hujan Ekstrem			Hujan Lebat		
				PoD	<i>Bias</i>	FAR	PoD	<i>Bias</i>	FAR
95	6	15.140	6.555	0.167	0.222	0.833	0.126	0.590	0.728
95	5	0.478	11.544	0.000	0.684	1.000	0.025	0.850	0.948
97	5	0.598	9.241	0.000	0.333	1.000	0.016	0.833	0.965
96	4	4.869	13.102	0.091	0.330	0.909	0.087	0.573	0.796
99	4	2.480	11.127	0.000	1.125	1.000	0.046	1.073	0.919
108	4	0.580	9.742	0.167	0.167	0.833	0.025	0.524	0.930
116	4	1.021	11.265	0.000	0.176	1.000	0.017	1.040	0.968
118	4	3.908	9.755	0.000	2.077	1.000	0.034	1.183	0.942
126	4	1.659	11.497	0.111	0.129	0.889	0.034	0.518	0.908
99	3	3.998	10.413	0.083	1.500	0.917	0.046	1.474	0.930
106	3	12.046	7.891	0.294	0.395	0.706	0.110	0.587	0.756
117	3	0.507	11.820	0.000	1.000	1.000	0.033	0.763	0.929
118	3	2.994	12.895	0.048	0.525	0.952	0.047	0.555	0.879
109	2	14.963	9.984	0.173	0.839	0.827	0.184	0.996	0.730
117	2	10.544	8.614	0.091	0.917	0.909	0.108	0.842	0.806
125	2	7.612	10.909	0.259	0.643	0.741	0.087	0.558	0.793
98	1	4.657	11.335	0.000	1.700	1.000	0.042	1.273	0.932
103	1	7.125	11.380	0.176	0.321	0.824	0.074	0.400	0.775
104	1	13.607	9.285	0.267	0.938	0.733	0.103	0.783	0.806
105	1	9.129	9.872	0.250	0.444	0.750	0.090	0.391	0.729
113	1	2.203	14.076	0.000	0.222	1.000	0.032	0.417	0.898
121	1	0.301	9.924	0.000	0.036	1.000	0.008	0.248	0.962
123	1	5.264	7.045	0.000	1.000	1.000	0.028	1.138	0.949
125	1	1.194	7.741	0.000	0.529	1.000	0.019	1.000	0.963
127	1	9.014	7.634	0.000	0.700	1.000	0.073	0.619	0.833
128	1	0.286	9.585	0.333	0.150	0.667	0.028	0.378	0.903



---

100	0	0.595	13.636	0.250	0.080	0.750	0.018	0.246	0.911
101	0	4.218	11.119	0.071	0.412	0.929	0.043	0.598	0.894
102	0	8.971	8.688	0.000	0.900	1.000	0.088	0.720	0.821
105	0	5.748	9.016	0.065	1.476	0.935	0.071	0.840	0.863
109	0	10.082	10.091	0.000	0.923	1.000	0.093	0.848	0.829
111	0	13.636	9.609	0.000	0.625	1.000	0.101	0.790	0.810
117	0	4.076	8.803	0.000	0.667	1.000	0.038	0.750	0.917
100	-1	0.036	12.441	0.000	2.417	1.000	0.005	1.605	0.992
101	-1	0.369	15.994	0.000	0.128	1.000	0.026	0.336	0.903
115	-1	0.397	14.364	0.000	0.183	1.000	0.025	0.366	0.913
117	-1	0.286	11.457	0.059	0.708	0.941	0.015	0.910	0.969
121	-1	1.278	10.085	0.000	0.500	1.000	0.025	0.365	0.911
123	-1	5.916	5.959	0.000	0.444	1.000	0.063	0.571	0.846
128	-1	3.112	8.098	0.000	0.200	1.000	0.030	0.617	0.927
131	-1	8.595	10.132	0.000	0.481	1.000	0.124	0.527	0.711
134	-1	2.442	8.528	0.000	1.125	1.000	0.051	1.070	0.911
136	-1	7.747	9.649	0.000	0.833	1.000	0.092	0.662	0.806
101	-2	2.524	8.230	0.000	3.000	1.000	0.012	2.111	0.982
103	-2	0.016	11.141	0.000	1.750	1.000	0.003	0.854	0.993
104	-2	3.535	9.069	0.000	0.625	1.000	0.028	0.828	0.941
106	-2	7.960	8.185	0.182	1.000	0.818	0.063	0.816	0.876
110	-2	11.326	10.377	0.154	0.245	0.846	0.110	0.633	0.767
114	-2	7.730	10.606	0.174	0.397	0.826	0.097	0.878	0.826
115	-2	0.937	11.290	0.000	0.279	1.000	0.045	0.573	0.887
126	-2	7.150	6.145	0.250	0.308	0.750	0.050	0.775	0.895
136	-2	3.968	12.527	0.000	0.518	1.000	0.064	0.777	0.870
139	-2	1.078	NA	0.050	0.625	0.950	0.040	0.479	0.887
105	-3	0.447	11.694	0.000	0.455	1.000	0.023	0.517	0.936
112	-3	1.435	10.460	0.000	0.783	1.000	0.030	0.751	0.934
115	-3	0.920	11.965	0.125	0.333	0.875	0.045	0.487	0.874

---

---

116	-3	11.183	8.530	0.100	1.176	0.900	0.117	0.870	0.796
120	-3	0.657	14.349	0.000	0.104	1.000	0.039	0.373	0.867
127	-3	7.131	6.915	0.043	1.278	0.957	0.075	0.957	0.866
128	-3	1.980	9.365	0.000	0.303	1.000	0.046	0.497	0.874
129	-3	9.191	9.783	0.308	0.206	0.692	0.102	0.423	0.714
132	-3	4.624	11.271	0.000	0.228	1.000	0.058	0.420	0.824
136	-3	1.040	16.631	0.130	0.232	0.870	0.047	0.486	0.869
140	-3	5.327	8.097	0.000	0.000	0.000	0.035	0.617	0.915
141	-3	4.418	9.644	0.000	0.026	1.000	0.032	0.324	0.877
102	-4	0.639	13.469	0.000	0.522	1.000	0.035	0.585	0.912
103	-4	1.056	11.039	0.000	0.346	1.000	0.010	0.309	0.957
119	-4	1.817	8.472	0.100	0.500	0.900	0.034	1.321	0.944
122	-4	1.141	9.368	0.000	0.115	1.000	0.039	0.530	0.897
123	-4	9.409	7.565	0.111	0.750	0.889	0.105	0.592	0.767
128	-4	1.432	7.256	0.000	0.762	1.000	0.048	2.849	0.940
131	-4	9.807	7.963	0.167	0.545	0.833	0.105	0.571	0.761
134	-4	0.287	12.454	0.000	0.500	1.000	0.025	0.589	0.935
136	-4	1.307	11.054	0.000	4.500	1.000	0.008	1.621	0.988
139	-4	3.874	7.485	0.000	0.000	1.000	0.027	0.857	0.944
105	-5	5.433	8.502	0.000	0.600	1.000	0.060	0.876	0.885
119	-5	9.832	10.440	0.156	0.348	0.844	0.124	0.598	0.734
120	-5	0.848	11.808	0.000	0.127	1.000	0.027	0.417	0.913
123	-5	3.035	7.879	0.000	0.615	1.000	0.048	0.825	0.903
130	-5	6.787	8.887	0.000	0.205	1.000	0.082	0.426	0.765
136	-5	3.306	16.769	0.091	0.376	0.909	0.071	0.423	0.791
106	-6	2.304	8.657	0.000	2.400	1.000	0.029	1.988	0.959
107	-6	9.858	7.263	0.211	0.594	0.789	0.092	0.905	0.837
113	-6	12.180	7.724	0.250	0.108	0.750	0.076	0.338	0.738
133	-6	1.457	9.691	0.000	0.192	1.000	0.018	0.379	0.938
140	-6	2.101	17.020	0.067	0.881	0.933	0.092	0.716	0.814

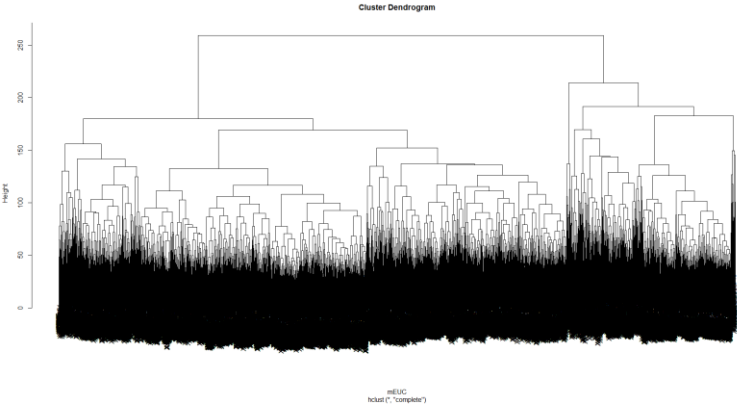
---

---

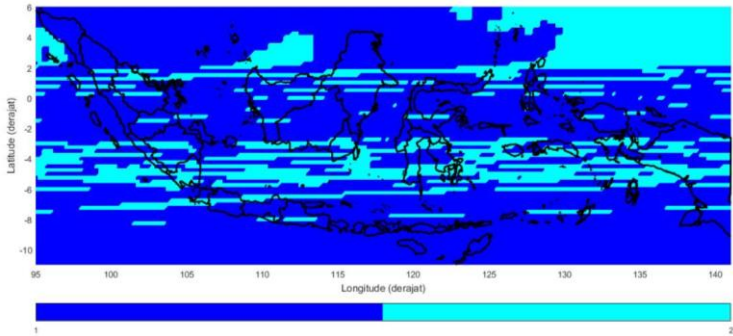
107	-7	1.583	10.907	0.000	0.286	1.000	0.009	0.508	0.975
108	-7	3.181	10.752	0.000	0.469	1.000	0.024	0.688	0.944
109	-7	6.847	9.941	0.000	0.846	1.000	0.099	1.345	0.856
110	-7	1.307	9.737	0.000	0.615	1.000	0.017	0.817	0.964
112	-7	7.630	7.327	0.000	0.900	1.000	0.063	1.194	0.898
113	-7	2.816	8.501	0.000	0.063	1.000	0.020	0.427	0.935
114	-7	5.887	5.566	0.000	0.667	1.000	0.048	1.254	0.921
109	-8	3.263	13.514	0.091	0.232	0.909	0.060	0.504	0.841
110	-8	6.418	7.943	0.100	0.667	0.900	0.043	1.406	0.933
112	-8	8.060	8.357	0.000	0.333	1.000	0.077	0.716	0.840
113	-8	3.943	12.072	0.000	0.046	1.000	0.028	0.219	0.853
114	-8	0.315	7.449	0.000	0.100	1.000	0.024	0.630	0.941
115	-8	0.973	9.082	0.000	0.441	1.000	0.011	0.471	0.967
116	-8	1.786	7.775	0.000	0.500	1.000	0.007	0.585	0.981
120	-8	10.264	5.839	0.000	6.000	1.000	0.059	2.864	0.929
123	-8	3.913	4.451	0.500	0.154	0.500	0.023	0.675	0.946
125	-8	4.576	4.078	0.000	0.400	1.000	0.026	0.571	0.932
131	-8	0.246	4.835	0.000	18.000	1.000	0.000	4.036	1.000
140	-8	2.091	12.973	0.063	0.193	0.938	0.041	0.218	0.787
115	-9	8.748	6.136	0.200	0.208	0.800	0.067	0.509	0.826
116	-9	3.816	6.601	0.000	0.556	1.000	0.024	0.748	0.947
117	-9	4.161	5.310	0.000	0.636	1.000	0.031	0.442	0.905
119	-9	6.389	4.855	0.000	0.000	1.000	0.037	1.843	0.947
120	-9	2.520	11.137	0.000	0.087	1.000	0.024	0.195	0.862
122	-9	3.685	4.851	0.000	1.429	1.000	0.027	1.167	0.952
120	-10	4.111	4.118	0.000	1.000	1.000	0.000	0.951	1.000
123	-10	15.113	5.482	0.083	0.522	0.917	0.111	0.558	0.747
124	-10	2.434	6.237	0.000	0.321	1.000	0.025	0.428	0.919
122	-11	14.526	3.796	0.143	1.077	0.857	0.147	0.741	0.733
123	-11	9.614	5.498	0.250	0.480	0.750	0.064	0.396	0.800

---

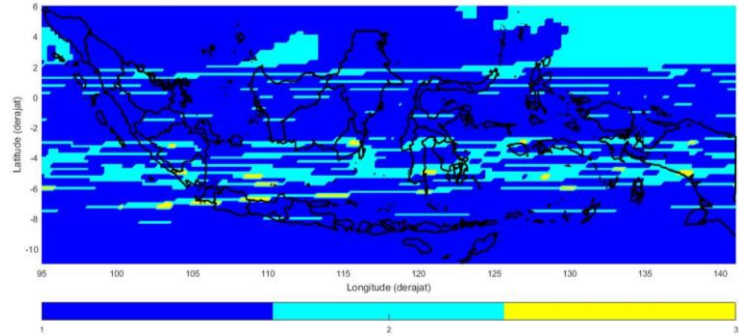
**Lampiran 15.** Dendrogram dan Hasil *Cluster Jarak Euclidean Plot Dendrogram*



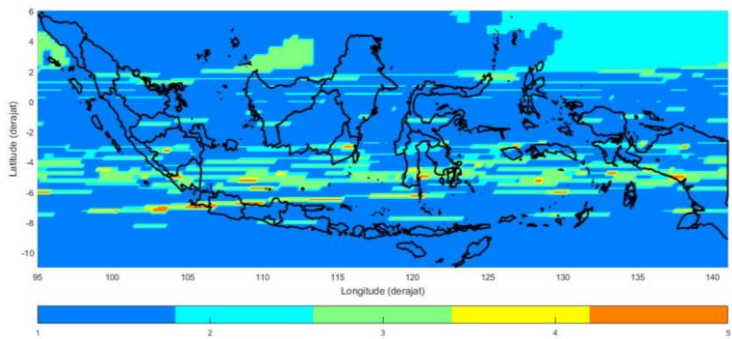
**2 Zona Musim Pada Jarak *Euclidean***



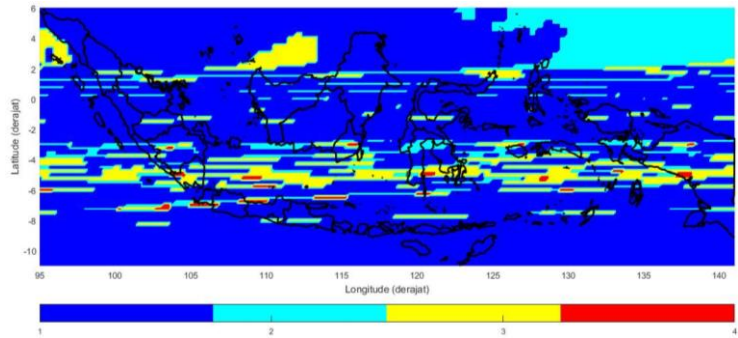
**3 Zona Musim Pada Jarak *Euclidean***



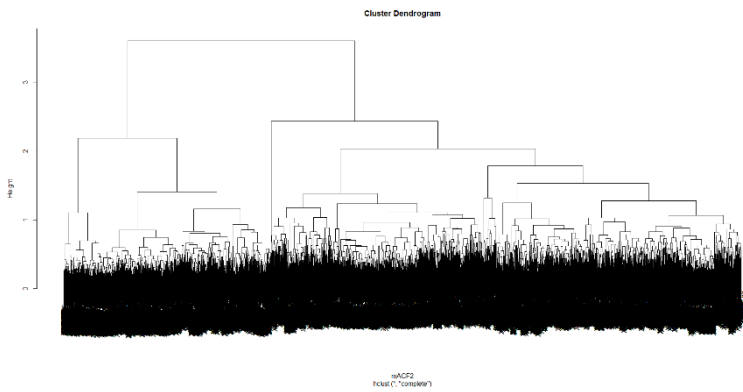
4 Zona Musim Pada Jarak *Euclidean*



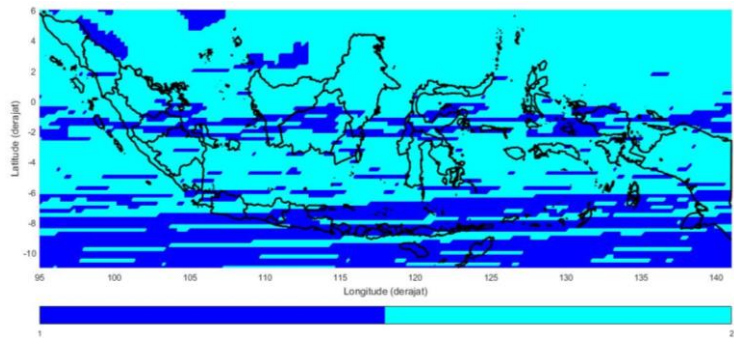
5 Zona Musim Pada Jarak *Euclidean*



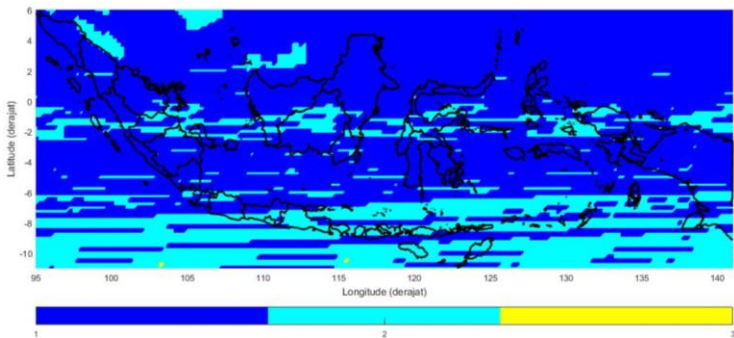
**Lampiran 16.** Dendrogram *Cluster* dan Hasil Jarak *ACF* dan Hasil *Plot* Dendrogram



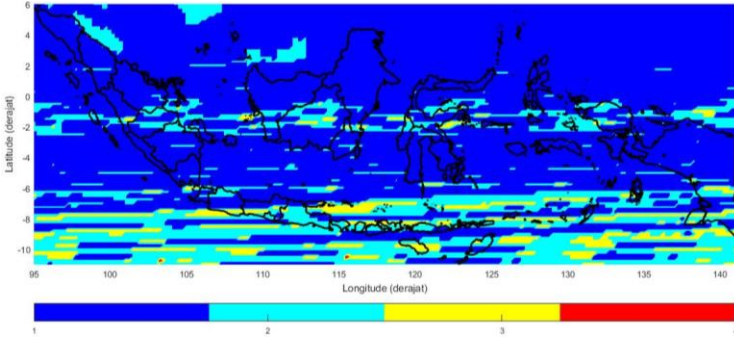
2 Zona Musim Pada Jarak ACF



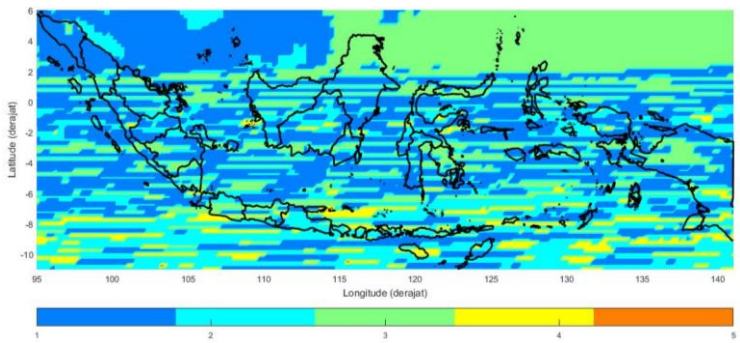
3 Zona Musim Pada Jarak ACF



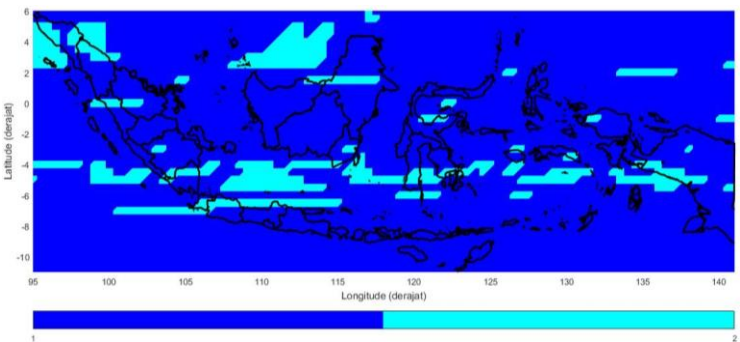
4 Zona Musim Pada Jarak ACF



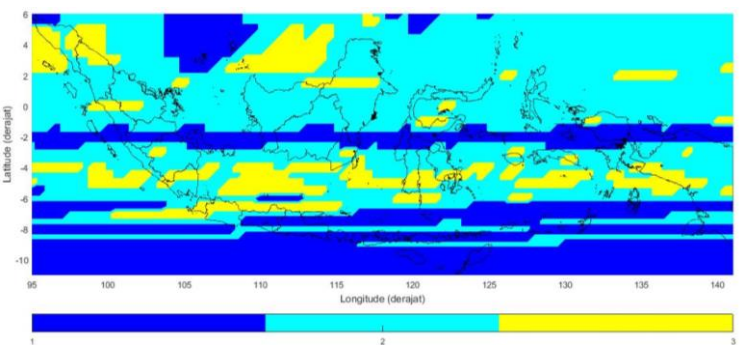
5 Zona Musim Pada Jarak ACF



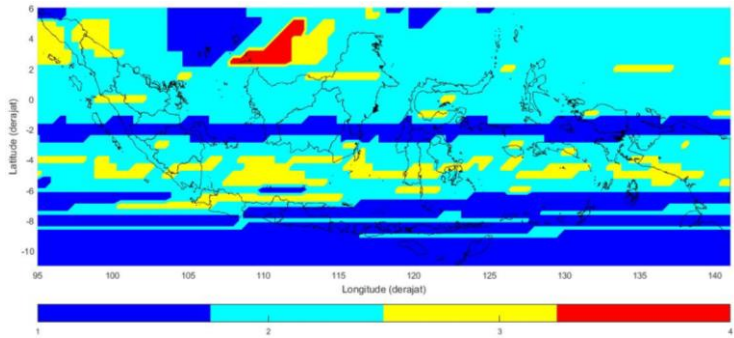
**Lampiran 17.** Hasil *Cluster* Pada Jarak DTW Yang Terbentuk 2 Zona Musim Pada Jarak DTW



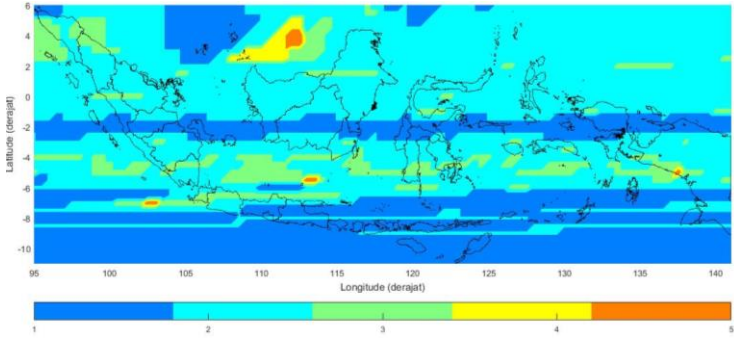
3 Zona Musim Pada Jarak DTW



4 Zona Musim Pada Jarak DTW

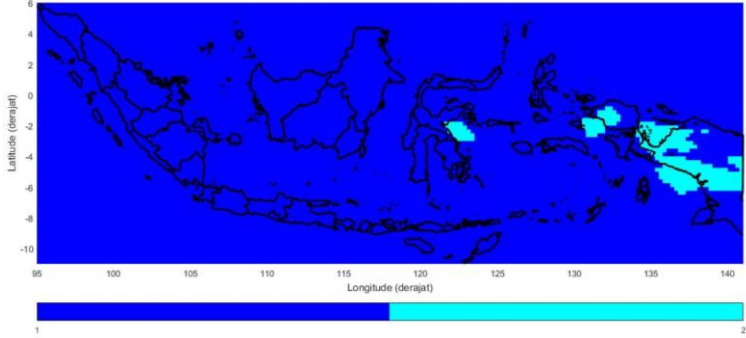


5 Zona Musim Pada Jarak DTW



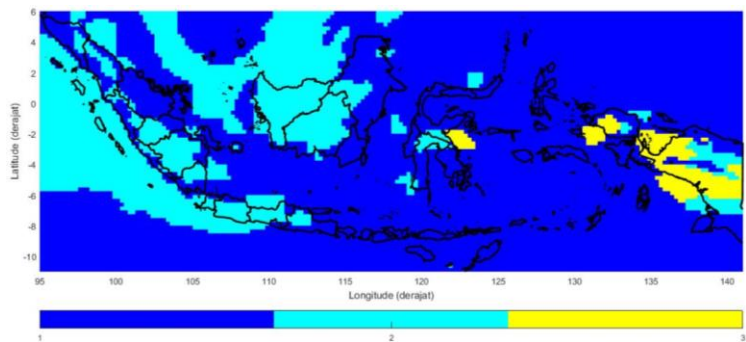
Lampiran 18. Hasil Cluster Pada Jarak Euclidean

2 Zona Musim

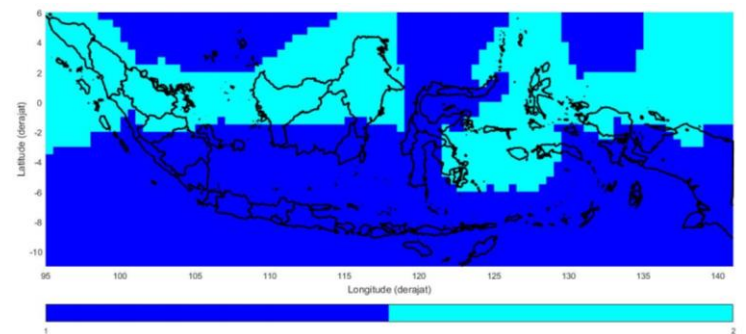




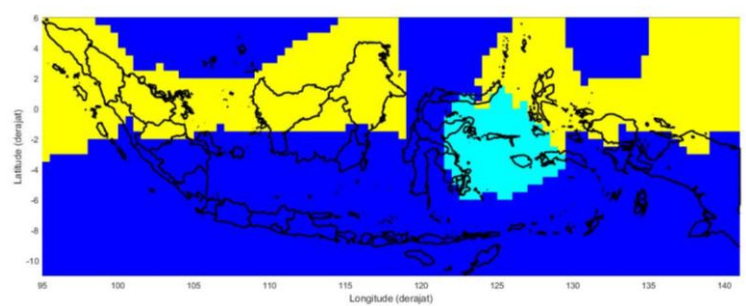
3 Zona Musim



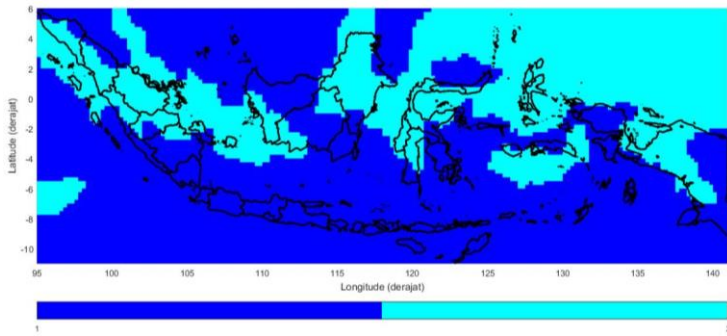
**Lampiran 19.** Hasil *Cluster* Pada Jarak DTW Yang Terbentuk 2 Zona Musim



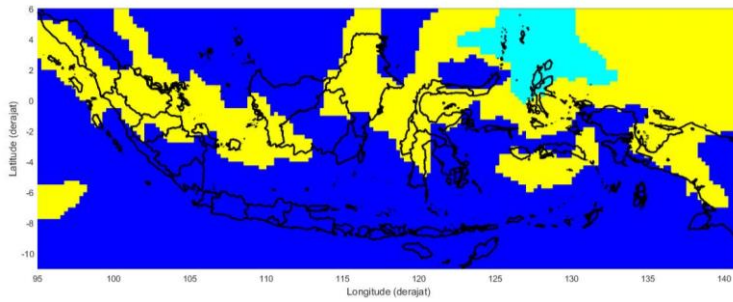
3 Zona Musim



**Lampiran 20.** Hasil *Cluster* Pada Jarak ACF Yang Terbentuk  
2 Zona Musim



**3 Zona Musim**



**Lampiran 21. Surat Pernyataan Data****SURAT PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, mahasiswa Departemen Statistika FMKSD ITS

Nama : Dedi Setiawan

NRP : 062114 4000 0071

menyatakan bahwa data yang digunakan dalam Tugas Akhir ini merupakan data sekunder yang diambil dari penelitian/ buku/Tugas Akhir/Thesis/Publikasi/lainnya yaitu :

Sumber : Data dari website

1. <https://disc.gsfc.nasa.gov>
2. <http://dataonline.bmkg.go.id>.

Keterangan : 1. Data curah hujan satelit *Tropical Rainfall Measure Mission* (TRMM) periode 1 Januari 1998 hingga 31 Desember 2017

2. Data curah hujan pengamatan lapangan BMKG periode 1 Januari 1998 hingga 31 Desember 2017.

Surat pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya. Apabila terdapat pemalsuan data maka saya siap menerima sanksi sesuai aturan yang berlaku.

Surabaya, Juli 2018

Mengetahui,  
Pembimbing Tugas Akhir

Mahasiswa

Dr.rer.pol Heri Kuswanto, S.Si, M.Si

NIP. 19820326 200312 1 004

Dedi Setiawan

NRP.062114 4000 0071

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BIODATA PENULIS



Penulis dengan nama lengkap Dedi Setiawan dilahirkan di Blitar pada 29 Maret 1996. Penulis menempuh pendidikan formal di SDN Sumberdiren 01, SMPN 03 Kota Blitar, dan SMAN 01 Talun. Kemudian penulis diterima sebagai Mahasiswa Departemen Statistika ITS melalui jalur SBMPTN pada tahun 2014. Selama masa perkuliahan, penulis aktif di berbagai kepanitiaan salah satunya adalah wakil ketua pelaksana *Data Analysis Competition* (DAC) 2016 yang merupakan kompetisi analisis data tingkat mahasiswa Asia Tenggara. Selain itu, penulis juga aktif dalam organisasi, yaitu dalam lingkup jurusan pernah menjadi staf Hubungan Luar (2015/2016) dan Ketua Departemen Kesejahteraan Mahasiswa (2016/2017). Sedangkan lingkup ITS penulis juga aktif dalam UKM Koperasi Mahasiswa dr. Angka ITS. Selama menjalani masa perkuliahan, penulis juga aktif dalam perlombaan tingkat Nasional dan Internasional. Dimana pencapain tertinggi adalah menjadi *best gold* paper RECONSA 2018 di Universiti Teknologi Petronas – Malaysia. Penulis juga aktif mengikuti seminar dan publikasi paper, sealain itu penulis juga pernah diberi kesempatan menjadi asisten dosen mata beberapa matakuliah kuliah diantaranya Pengantar Metode Statistika, Program Komputer, Ilmu Pengantar Komputer, Biostatistika, Teknik Simulasi, Sistem Indormasi Manajemen serta telah mengikuti bebrapa kegiatan *survey* sebagai pengaplikasian ilmu statistika. Apabila pembaca ingin memberi kritik dan saran serta diskusi lebih lanjut mengenai Tugas Akhir ini, dapat menghubungi penulis melalui nomor telepon 081554055355 atau email [dedi1statistika@gmail.com](mailto:dedi1statistika@gmail.com).

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*